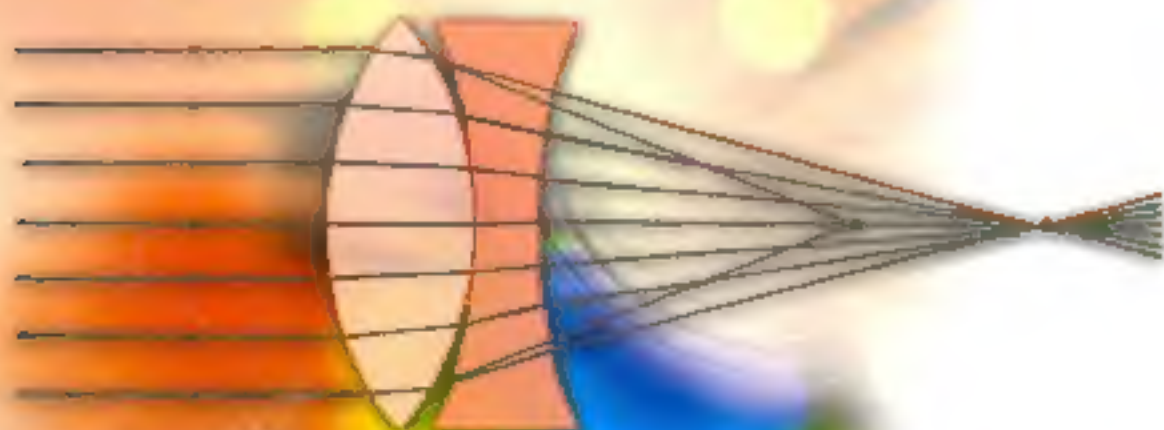


فیزیک عمومی

(نور)

(خلاصه درس، پرسشهای چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی)

ویژه آزمونهای کارشناسی به کارشناسی ارشد



بر این کتاب می‌خوانید:

خلاصه ای از مباحث نور

پرسشهای چهارگزینه‌ای همراه با پاسخنامه

تشریحی نور مطرح شده در آزمونهای کارشناسی

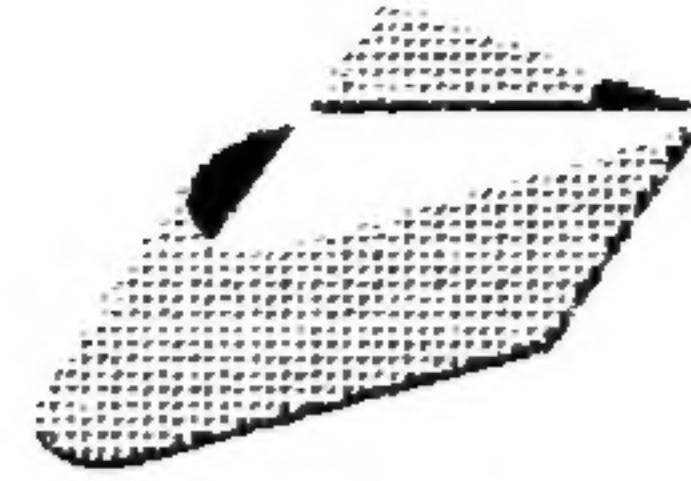
ارشد رشته های فیزیک، پزشکی، فیزیک دریا،

ژئوفیزیک، هواشناسی، فلسفه علم،

مهندسی عمران و آزمونهای GRE

قابل استفاده برای دانشجویان دروس فیزیک پایه

به نام خدا



مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

فیزیک عمومی (نور)

(ویژه آزمونهای کارشناسی به کارشناسی ارشد)

مؤلفان :

حسین محسنی پور

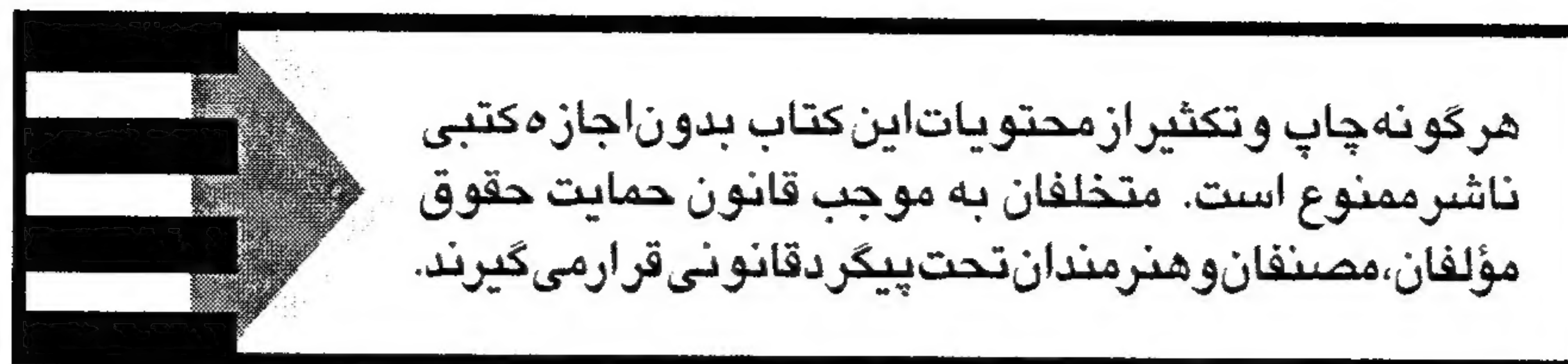
ناصر زارع دهنوی

RWTV



دارنده گواهینامه ISO 9001/2000

در زمینه نشر کتاب و طراحی جلد



فیزیک عمومی (نور) ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد

مؤلفان : حسین محسنی پور - ناصر زارع دهنوی

ناشر : مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آرایی : مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد : مجتمع فنی تهران

چاپ : چاپ جلالی

نوبت چاپ : اول

تاریخ نشر : تیر ماه ۱۳۸۲

تیراژ : ۳۰۰۰ نسخه

قیمت : ۹۸۰۰ ریال

شابک : ۹۶۴-۳۵۴-۳۰۸-۰

ISBN : 964-354-308-0

محسنی پور ، حسین

فیزیک عمومی (نور) (ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد) / مؤلفان

حسین محسنی پور ؛ ناصر زارع دهنوی -- تهران : مؤسسه

فرهنگی هنری دیباگران تهران ، ۱۳۸۲ .

۱۲۷ ص. : مصور، نمودار.

ISBN 964-354-308-0

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا .

۱. دانشگاهها و مدارس عالی -- ایران -- آزمونها ۲. فیزیک -

- آزمونها و تمرینها (عالی). ۳. نور -- آزمونها و تمرینها (عالی)

۴. آزمون دوره های تحصیلات تکمیلی -- ایران. الف. زارع

دهنوی، ناصر. ب. عنوان

۳۷۸/۱۶۶۴

LB۲۳۵۳/م ۲۸۳۸ ف ۹۳

م ۸۲-۵۴۳۷

کتابخانه ملی ایران

آدرس: سعادت آباد، بلوار بهزاد (ضلع شمالی پارک سعادت آباد)، نبش باغستان یکم، شماره ۱۰

صندوق پستی: ۱۴۳۳۵ / ۹۴۳

فکس: ۲۳۵۲۶۲۶

تلفن: ۵-۲۰۹۰۰۰۱

فهرست مطالب

مقدمه ناشر	۶
مقدمه مؤلف	۷

فصل اول : ماهیت و انتشار نور

۱-۱ مقدمه	۹
۱-۲ نور مرئی	۹
۱-۳ دوگانگی موجی ذره‌ای	۱۱
۱-۴ نور هندسی و نور موجی	۱۱
۱-۵ انرژی	۱۱
۱-۶ تکانه	۱۲
۱-۷ اثر دوپلر	۱۳
۱-۸ پرسشهای چند گزینه‌ای	۱۴
۱-۹ پاسخهای تشریحی	۱۶

فصل دوم : بازتابش و شکست ، امواج تخت و سطوح تخت

۲-۱ بازتابش و شکست	۱۹
۲-۲ قانون اسنل	۲۰
۲-۳ ضریب شکست	۲۰
۲-۴ زاویه حد و بازتابش داخلی	۲۱
۲-۵ تیغه متوازی‌السطوح	۲۲
۲-۶ منشور	۲۳
۲-۷ اصل فرما	۲۵
۲-۸ راه نوری	۲۶
۲-۹ پرسشهای چند گزینه‌ای	۲۸

۱۰- ۲ پاسخهای تشریحی ۳۵

فصل سوم : بازتابش و شکست ، امواج کروی و سطوح کروی ۴۱

۱- ۳ امواج کروی - آینه تخت ۴۱

۲- ۳ امواج کروی - آینه کروی ۴۲

۳- ۳ رسم پرتوها ۴۴

۴- ۳ خصوصیات و رسم تصویر ۴۴

۵- ۳ جسم مجازی ۴۶

۶- ۳ سطح شکننده کروی ۴۸

۷- ۳ عدسی ضخیم ۴۹

۸- ۳ عدسی نازک ۵۱

۹- ۳ رسم پرتوها ۵۳

۱۰- ۳ خصوصیات تصاویر ۵۴

۱۱- ۳ توان عدسی ۵۵

۱۲- ۳ ترکیب عدسیها ۵۵

۱۳- ۳ اسبابهای اپتیکی ۵۶

۱۴- ۳ چشم ۵۸

۱۵- ۳ پرسشهای چندگزینه‌ای ۶۰

۱۶- ۳ پاسخهای تشریحی ۷۲

فصل چهارم : تداخل ۸۳

۱- ۴ آزمایش ینگ ۸۳

۲- ۴ همدوسی ۸۶

۳- ۴ جمع اختلالهای موجی ۸۷

۴- ۴ بررسی شدت در آزمایش ینگ ۸۷

۴-۵	تداخل از فیلمهای نازک.....	۸۹
۴-۶	فریزهای ضخامت ثابت.....	۹۳
۴-۷	حلقه‌های نیوتون.....	۹۵
۴-۸	پرسشهای چندگزینه‌ای.....	۹۷
۴-۹	پاسخهای تشریحی.....	۱۰۰

فصل پنجم : پراش..... ۱۰۳

۵-۱	مقدمه.....	۱۰۳
۵-۲	تک شکاف.....	۱۰۴
۵-۳	پراش در روزنه گرد.....	۱۰۵
۵-۴	چند شکافیها.....	۱۰۶
۵-۵	قانون براگ.....	۱۰۷
۵-۶	پرسشهای چندگزینه‌ای.....	۱۰۸
۵-۷	پاسخهای تشریحی.....	۱۱۱

فصل ششم : قطبش..... ۱۱۵

۶-۱	قطبش.....	۱۱۵
۶-۲	ورقه‌های قطبی کننده.....	۱۱۶
۶-۳	قطبیدگی در اثر بازتاب.....	۱۱۶
۶-۴	شکست دوگانه و بلورهای دو رنگی.....	۱۱۷
۶-۵	قطبش دایره‌ای.....	۱۱۷
۶-۶	پرسشهای چندگزینه‌ای.....	۱۱۹
۶-۷	پاسخهای تشریحی.....	۱۲۲

مقدمه ناشر

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و کشاورزی و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گامهایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی و چشمگیر در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاشهای مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت " آقایان حسین محسنی پور و ناصر زارع دهنوی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته و شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویراستاری : آقای مهدی رئوفی

ویرایش کامپیوتری و صفحه‌آرایی : خانم مریم فرجیان

طراحی روی جلد : خانم شیما صدرا

امور چاپ و نشر : آقای حیدر شفیعی

ناظر چاپ : آقای کریم براغ

در خاتمه از عموم هموطنان عزیز و دانش پژوهان گرامی خواهشمندیم ما را با ارائه پیشنهادهای و انتقادهای خود در بهبود کمی و کیفی کارهای انجام شده راهنمایی نمایند تا بتوانیم در آینده کتابهایی با کیفیت بهتر تقدیم حضورشان کنیم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

مقدمه مؤلفان

کتاب حاضر شامل مبحث نور همراه با تستهای مربوطه که در آزمونهای کارشناسی ارشد (آموزش عالی و آزاد اسلامی) آورده‌اند، می‌باشد. تستهای آزمونهای فیزیک پزشکی، فیزیک دریا، ژئوفیزیک، هواشناسی، فلسفه علم، مهندسی عمران و آزمونهای GRE همراه با پاسخهای تشریحی در آخر هر فصل آمده‌اند. از آنجا که سطح بسیاری از سؤالات نزدیک به هم است. لذا مطالعه کلیه تستها به خواننده توصیه می‌شود. البته در برخی رشته‌ها سؤالات تخصصی‌تر وجود دارد، ولی از تمام رشته‌ها سؤالاتی انتخاب شده‌اند که جنبه عمومی دارند. در هر فصل خلاصه‌ای از مطالب مربوطه نیز آورده شده است. مؤلفان ضمن پوزش از هرگونه خطا و یا نقص احتمالی در کتاب حاضر از تذکرات و راهنمایی خوانندگان محترم برای رفع نقص در چاپهای بعدی کمال تشکر را دارند.

حسین محسنی پور

ناصر زارع دهنوی

فصل اول

ماهیت و انتشار نور

۱-۱ مقدمه

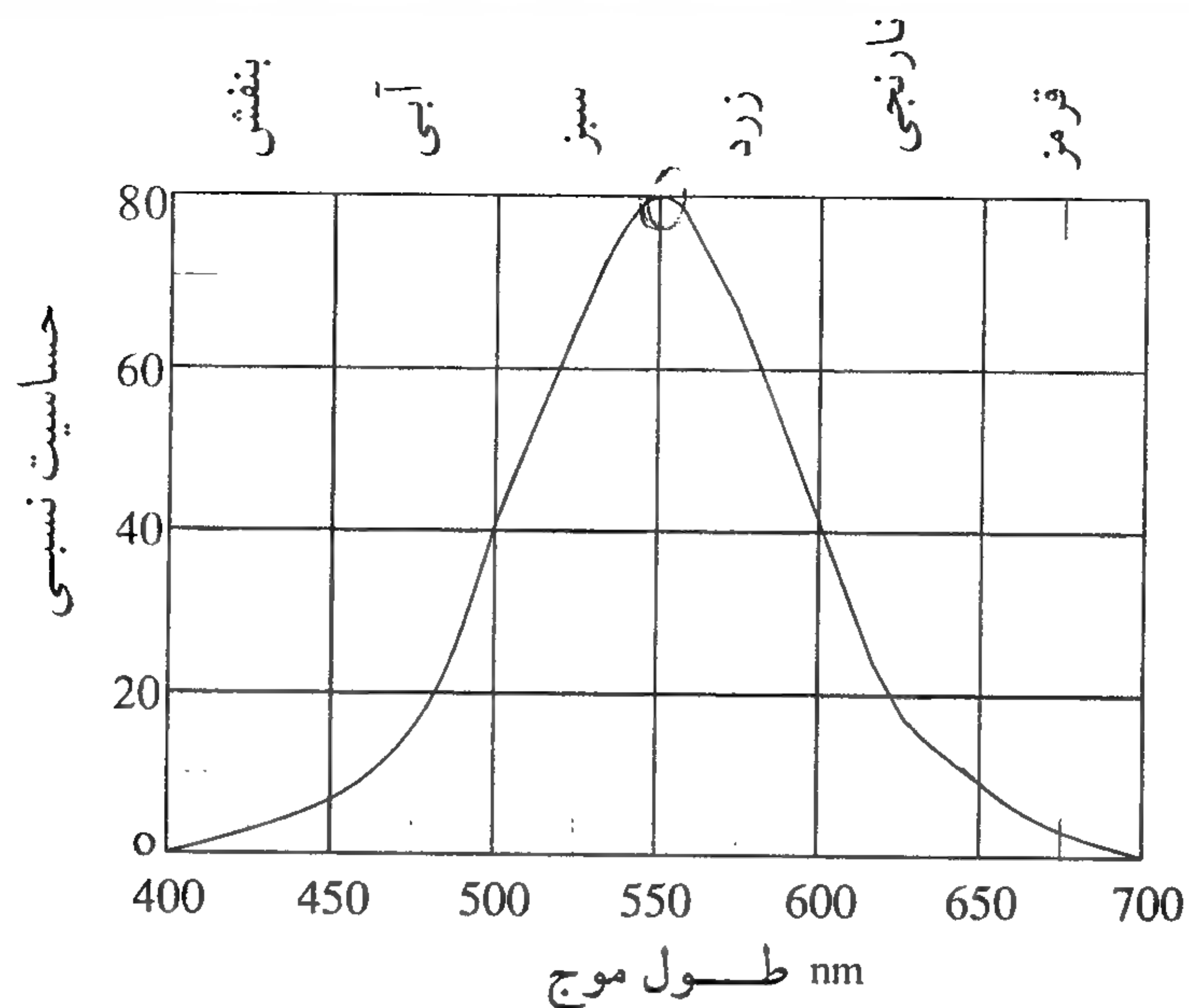
از نظر تاریخی، ابتدا نیوتون نظریه ذره‌ای نور را مطرح کرد. بر اساس این نظریه نور از ذراتی تشکیل شده است که به خط مستقیم حرکت می‌کنند. از دلایل تجربی که مؤید این نظریه بودند می‌توان از تشکیل سایه و نیم سایه، بازتابش و شکست نور و هم چنین تناسب شدت نور با عکس مجذور فاصله از چشمه نور نام برد.

نظریه موجی که بعداً توسط هویگنس مطرح شد، نور را یک نوع موج می‌داند و نه جریانی از ذرات. البته در نظریه هویگنس چیزی در مورد ماهیت موج و یا موج الکترومغناطیسی که بعدها توسط ماکسول بیان شد، اشاره‌ای نمی‌شود. بر اساس نظریه هویگنس نور به صورت موج گسیل می‌شود و تمام نقاط روی یک جبهه موج را می‌توان چشمه‌هایی در نظر گرفت که مولد موجکهای کروی ثانویه‌اند، پس از زمان t ، مکان جدید این جبهه موج سطحی است که بر این موجکهای ثانویه مماس است. پس از مشاهده آثار تداخل و پراش، نظریه موجی بر نظریه ذره‌ای برتری پیدا کرد و پس از مطرح شدن نظریه الکترومغناطیس توسط ماکسول و کشف امواج الکترومغناطیس توسط هرتز، نور به عنوان یک موج الکترومغناطیس شناخته شد.

۱-۲ نور مرئی

نور مرئی بخشی از طیف الکترومغناطیس است و در واقع تابشی است که بر چشم اثر می‌گذارد. طول موج نور مرئی در خلأ حدوداً از ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm می‌باشد.

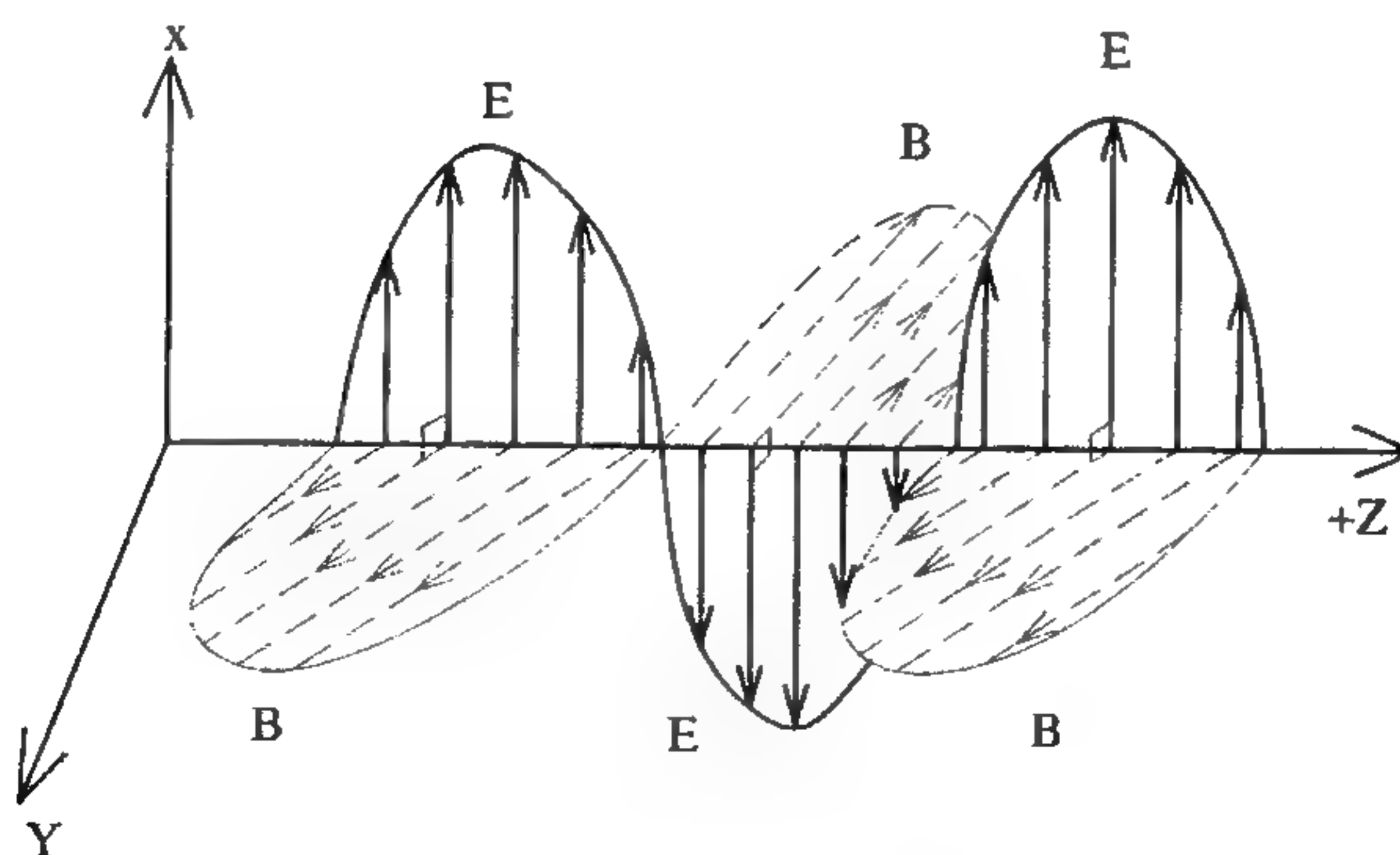
می‌دانیم که موج الکترومغناطیس یک آشفتگی الکترومغناطیسی متشکل از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی نوسانی عمود بر هم است که با سرعت نور حرکت می‌کند. این سرعت در خلأ ثابت و برابر با $C = 299792458 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ است. در زیر منحنی حساسیت چشم نسبت به طول موجهای مختلف ترسیم شده است.



در زیر شکل یک موج الکترومغناطیس را که در خلأ و در جهت $+z$ با فرکانس ν و طول موج λ منتشر می شود داریم :

$$\omega = 2\pi\nu \quad \text{و} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$E_x = E_M \sin(kz - \omega t) \quad \text{و} \quad B_y = B_M \sin(kz - \omega t)$$



*** (باید توجه داشت که رنگ نور بستگی به فرکانس آن دارد. هنگامی که نور از محیطی وارد محیط دیگر می شود طول موج و سرعت آن تغییر می کند: اما فرکانس نور بدون تغییر خواهد ماند.)

$$v = \frac{v}{\lambda}$$

۳-۱ دوغانگی موجی ذره‌ای

با انجام آزمایشاتی همچون اثر فتوالکتریک، مکانیک کوانتومی نشان داد که نور گاهی اوقات از خود رفتار ذره‌ای نشان می‌دهد. این ذرات فوتون نامیده شدند. انرژی هر فوتون برابر است با :

$$E = h\nu$$

که $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ثابت پلانک و ν فرکانس نور است.

$$\lambda \nu = c \Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} = pc$$

$p = \frac{h}{\lambda} = \hbar k$ اندازه حرکت فوتون است.

۴-۱ نور هندسی و نور موجی

در صورتی که ابعاد جسم بسیار بزرگتر از طول موج نور باشد، اثرات موجی قابل مشاهده نیست. در این حالت می‌توان نور هندسی را به کار برد، به عبارتی می‌توان نور را به صورت ذراتی در نظر گرفت که به خط مستقیم سیر می‌کنند. به عنوان مثال هنگامی که سایه و نیم‌سایه یک جسم بزرگ را مشاهده می‌کنیم، آثار پراش در لبه سایه قابل مشاهده نیست و یا در کار با آینه‌های تخت، آینه‌های کروی و یا عدسیها فرض می‌کنیم که نور به خط مستقیم حرکت کرده و اپتیک هندسی را به کار می‌بریم.

اگر ابعاد جسم در مقایسه با ابعاد طول موج بزرگ نباشد و یا نزدیک به طول موج نور باشد، اثرات موجی قابل مشاهده بوده و در این حالت نور موجی را در مورد تابش به کار می‌بریم. به عنوان مثال هنگامی که آثار تداخلی ناشی از دو شکافی یانگ (ابعاد شکاف‌ها کوچک است) را بررسی می‌کنیم اپتیک موجی را به کار می‌بریم.

۵-۱ انرژی

انرژی ساطع شده در واحد زمان در واحد سطح (توان در واحد سطح و یا آهنگ شارش انرژی در واحد سطح) توسط بردار پوینتینگ \vec{S} توصیف می‌شود :

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} = \vec{I} = \frac{W}{A} = \frac{E}{At}$$

جهت این بردار، جهت انتشار انرژی و اندازه این بردار مقدار انرژی ساطع شده در واحد زمان و در واحد سطح است.

مثال : توان متوسط بر واحد سطح

یک موج الکترومغناطیس تخت که در خلاء و با سرعت c در جهت $+z$ حرکت می‌کند را در نظر می‌گیریم $E_z = 0$ و $B_z = 0$

$$E_x = E \sin(kz - \omega t) \text{ و } B_y = B \sin(kz - \omega t)$$

چون \vec{E} بر \vec{B} عمود است، اگر \vec{E} در جهت x باشد \vec{B} در جهت y است. برای یک موج تخت در فضای تهی $E = B C$ است.

$$\vec{E} \perp \vec{B} \Rightarrow S = |\vec{S}| = \left| \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \right| = \frac{1}{\mu_0} E_x B_y \sin 90^\circ$$

$$= \frac{1}{\mu_0} E \cdot B \sin^2(kz - \omega t) = \frac{E_0^2}{\mu_0 c} \sin^2(kz - \omega t)$$

$$\langle S \rangle = \frac{E_0^2}{\mu_0 c} \frac{1}{T} \int_0^T \sin^2(kz - \omega t) dt = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c}$$

که E_0 یا E_M حداکثر میدان الکتریکی است.

۶-۱ تکانه

یک باریکه نور را در نظر بگیرید که در مدت زمان t به جسمی بتابد و تماماً جذب شود. اگر

انرژی جذب شده در این مدت U باشد، تکانه منتقل شده به جسم برابر است با $P = \frac{U}{C}$

اگر نور تماماً بازتاب پیدا کند، تکانه منتقل شده به جسم، دو برابر مقدار قبلی است: $P = \frac{2U}{C}$

مثال : نیرو و فشار تابش

موج الکترومغناطیسی تختی را در نظر می‌گیریم که در خلاء و در جهت $+z$ منتشر می‌شود و به صفحه کاملاً جذب‌کننده‌ای به مساحت A که عمود بر جهت انتشار نور قرار گرفته است، منتقل می‌شود.

$$\bar{S} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} = \mathcal{I}$$

$$U = \bar{S} A t = \frac{E_0^2 A t}{2\mu_0 c}$$

$$P = \frac{U}{C} = \frac{E_0^2 A t}{2\mu_0 c^2}$$

$$p = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 A t \quad \text{بنابراین} \quad C^2 = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$$

$$F = \frac{P}{t} = \frac{1}{\gamma} \epsilon_0 E_0^2 A \quad \text{نیروی وارده به جسم} = \text{آهنگ جذب تکانه}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1}{\gamma} \epsilon_0 E_0^2 \quad \text{فشار تابش}$$

از اثبات مفصل رابطه $P = \frac{U}{C}$ خودداری می‌کنیم ولی یادآوری می‌کنیم که انرژی هر فوتون $E = P C$ بوده و بنابراین هنگامی که فوتون کاملاً جذب می‌شود اندازه حرکت خود را به جسم منتقل می‌کند $P = \frac{E}{C}$.

۷-۱ اثر دوپلر

در صورتی که چشمه و ناظر نسبت به یکدیگر ساکن نباشند، با توجه به آن که سرعت نور همیشه ثابت است، فرکانس و طول موج به گونه‌ای تغییر می‌کنند که حاصل ضرب آنها $\lambda \nu = c$ همیشه ثابت بماند.

فرکانس دریافتی نور ν' بر حسب فرکانس چشمه ν هنگامی که چشمه و ناظر از هم دور می‌شوند عبارت است از :

$$\nu' = \nu \frac{1 - \frac{u}{c}}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}}$$

که u سرعت نسبی دور شدن چشمه و ناظر است. اگر چشمه و ناظر به یکدیگر نزدیک شوند در معادله بالا $u \rightarrow -u$ تبدیل خواهد شد.

۸- ۱ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- در کدام یک از شرایط زیر می‌توان نور هندسی را در مورد تابش نور به اجسام به کار برد؟
(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰ و ۸۱)

۱- وقتی ابعاد جسم بسیار بزرگتر از طول موج نور باشد.

۲- وقتی ابعاد جسم بسیار کوچکتر از طول موج نور باشد.

۳- وقتی ابعاد جسم برابر ابعاد طول موج نور باشد.

۴- در همه شرایط

۲- دو لامپ با توان مساوی، یکی نور تکفام قرمز و دیگری نور تکفام آبی را منتشر می‌سازند. اگر تعداد فوتونهای انتشار یافته از این دو لامپ را به ترتیب با n_1 و n_2 نشان دهیم، در این صورت کدام رابطه صحیح است؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری - ژئودزی) ۸۱)

$$n_1 < n_2 - 1 \quad n_1 > n_2 - 2 \quad n_2 = \frac{n_1 + 1}{n_1} - 3 \quad n_1 = \frac{n_2 + 1}{n_2} - 4$$

۳- سرعت مسیر نور در خلاء به کدام عامل بستگی دارد؟

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)

۱- شدت نور ۲- طول موج ۳- فرکانس ۴- هیچ کدام

۴- برای یک نور تکفام شدت از رابطه $I = \frac{E_m^2}{2\mu_0 C}$ به دست می‌آید این شدت اندازه متوسط

بردار است که به شکل زیر نمایش داده می‌شود.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

$$\bar{E} \times \bar{B} / \mu_0 C - 2 \quad \bar{E} \times \bar{B} / \mu_0 - 1$$

$$\bar{E}_m \times \bar{B}_m / \mu_0 C - 4 \quad \bar{E}_m \times \bar{B}_m / \mu_0 - 3$$

۵- تابشی با توان p روی سطح یک جسم فرود می‌آید و کسری از آن برابر f جذب و بقیه بازتاب می‌گردد نیروی تابشی وارد بر جسم چقدر است؟

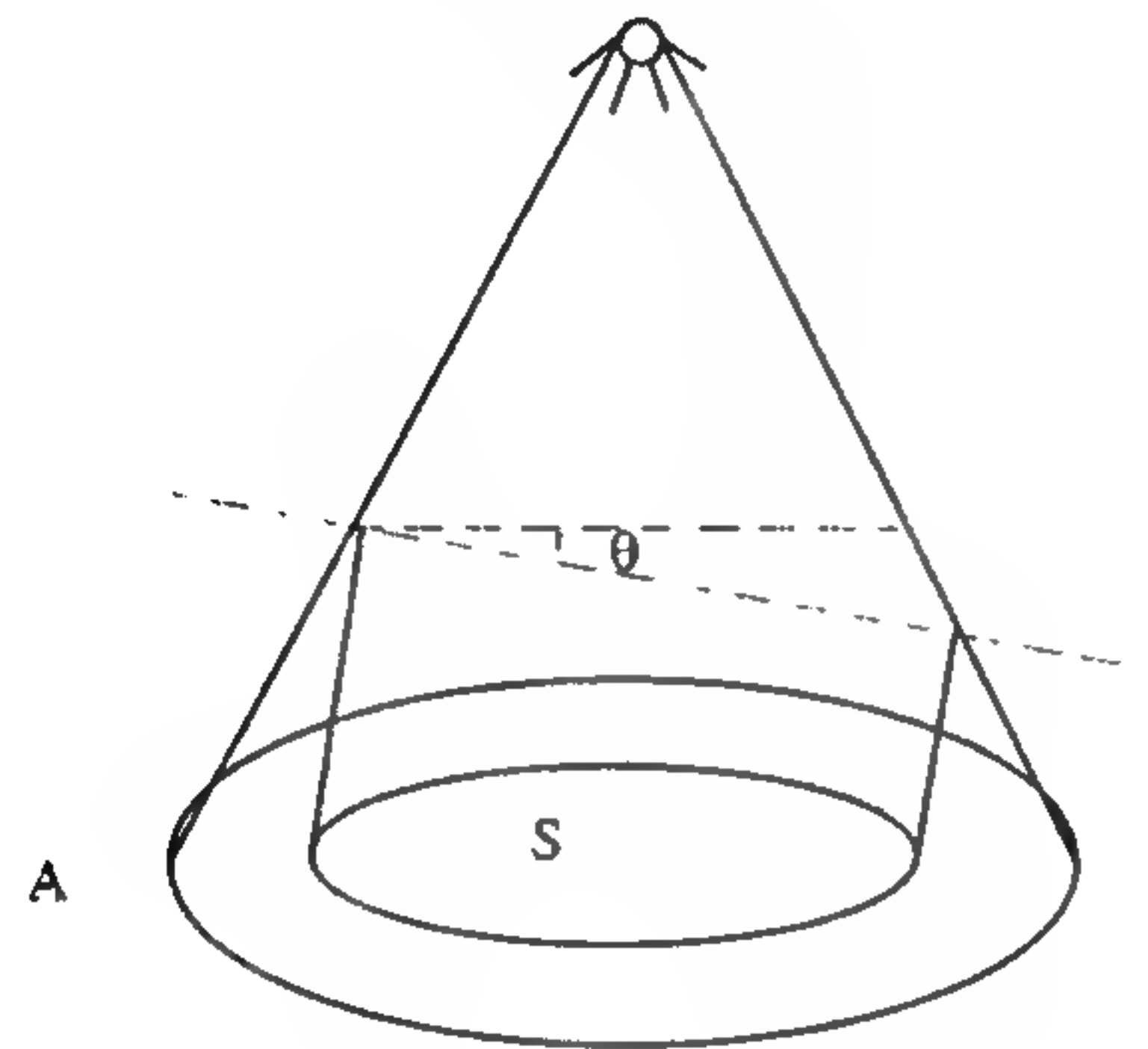
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

$$2p + \frac{f}{c} - 1 \quad \frac{p(2-f)}{c} - 2 \quad 2p - \frac{f}{c} - 3 \quad \frac{2p-f}{c} - 4$$

۶- از یک شکاف مستطیل شکل باریک به طول 10 cm ، در هر ثانیه 0.25 ژول نورانی خارج می‌شود. شدت انرژی نورانی در فاصله 25 cm از این شکاف (بر حسب وات بر مترمربع) چقدر است؟
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)

$$1.59 \times 10^{-4} - 1 \quad 0.32 - 2 \quad 1.59 - 3 \quad 3/20 - 4$$

۷- مخروطی را در نظر بگیرید با یک لامپ الکتریکی که در رأس آن واقع است و به وسیله صفحه‌ای که با قاعده آن زاویه 30° می‌سازد قطع شده است. مساحت آن قسمت از صفحه که داخل مخروط قرار دارد سایه‌ای به مساحت S را بر روی قاعده به وجود می‌آورد. چنان چه مساحت قاعده برابر A باشد و متوسط شدت نور در قاعده I باشد متوسط شدت نور روی صفحه مایل چقدر است ؟



$$1 - \frac{IA}{2S}$$

$$2 - \frac{I^2}{AS}$$

$$3 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(\frac{IA}{S}\right)$$

$$4 - \frac{\sqrt{3}IA}{S}$$

$$5 - \frac{IA}{S}$$

۹-۱ پاسخهای تشریحی

فرکانس

(۱-۱)

$$h\nu_1 > h\nu_2 \Rightarrow \nu_1 > \nu_2 \text{ فرکانس نور قرمز } \nu_2 > \nu_1 \text{ فرکانس نور آبی}$$

(۱-۲)

بنابراین انرژی هر فوتون آبی بیشتر از انرژی فوتون قرمز است. از طرفی چون توان گسیلی هر دو لامپ برابر است در هر مدت زمان برابر، انرژی گسیلی از دو لامپ برابر است، به عبارتی اگر n_1 تعداد فوتونهای قرمز و n_2 تعداد فوتونهای آبی باشد $n_1 h\nu_1 = n_2 h\nu_2$.

$$\begin{cases} n_1\nu_1 = n_2\nu_2 \\ \nu_2 > \nu_1 \end{cases} \Rightarrow n_2 < n_1$$

۳-۴) سرعت نور در خلاء ثابت می باشد $C \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ و به هیچ کدام از کمیتهای اشاره شده

بستگی ندارد.

(۱-۴)

$$U_1 = fU \Rightarrow p_1 = \frac{U_1}{C} = \frac{fU}{C}$$

(۲-۵)

$$U_r = (1-f)U \Rightarrow p_r = \frac{U_r}{C} = \frac{(1-f)U}{C}$$

$$p = p_1 + p_r = \frac{fU}{C} + \frac{(1-f)U}{C}$$

$$F = \frac{p}{t} = \frac{f}{t}U + \frac{(1-f)}{t}U = \frac{f}{C}P + \frac{(1-f)}{C}P = \frac{P}{C}(2-f)$$

$$F = \frac{f}{C}P + \frac{(1-f)}{C}P = \frac{P}{C}(2-f)$$

البته کاملاً مشخص است دیمانسیون هیچ کدام از گزینه های ۱، ۳ و ۴ با دیمانسیون نیرو برابر

نیست بنابراین سریعاً گزینه صحیح ۲ قابل تشخیص است.

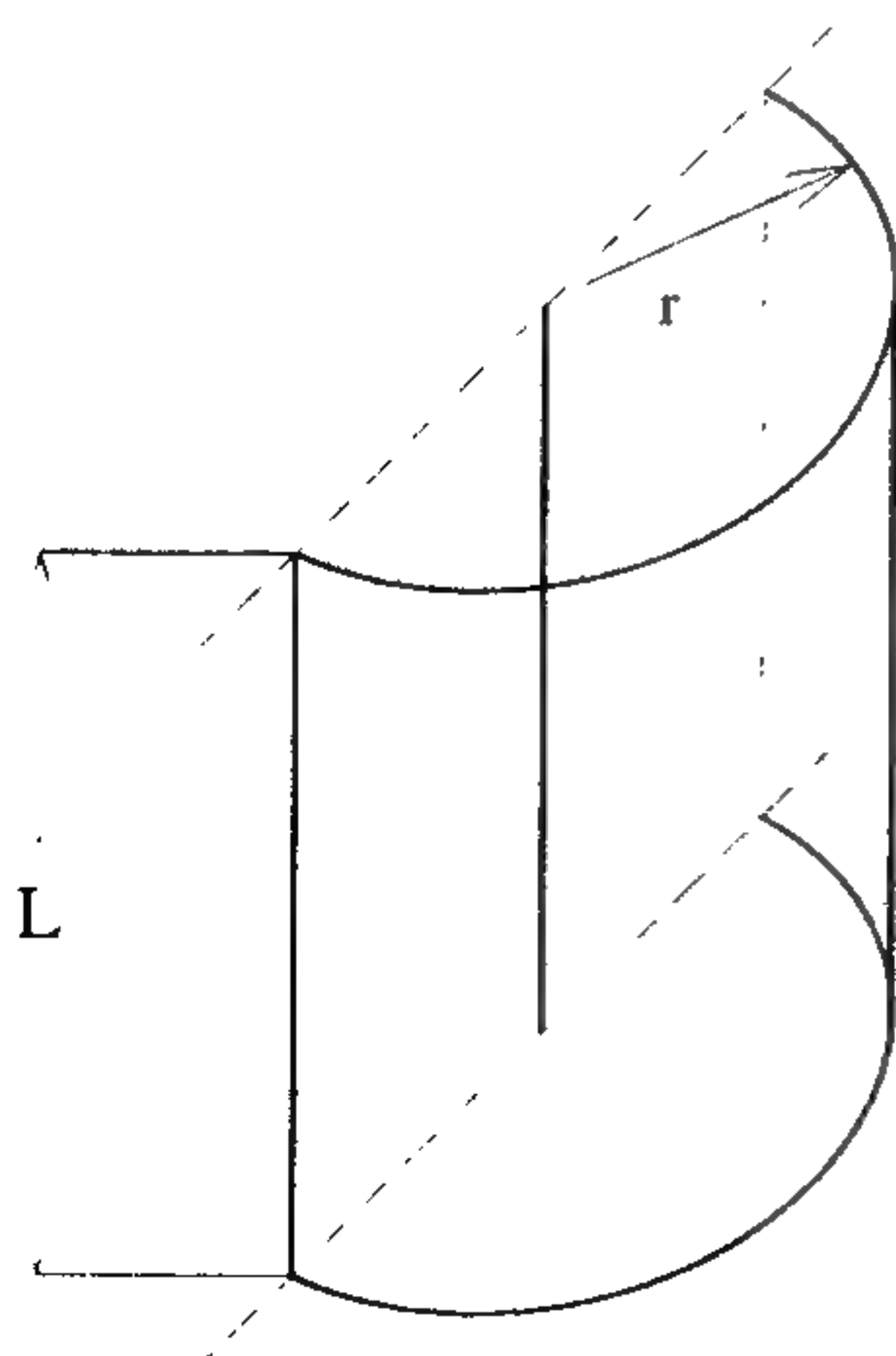
$$L = 10 \text{ Cm} = 0.1 \text{ m}$$

(۴-۶)

$$r = 25 \text{ Cm} = 0.25 \text{ m}$$

$$\text{مساحت سطح نیم استوانه} = (\pi r) L = \pi (0.25) (0.1)$$

$$I = \frac{\text{توان}}{\text{مساحت}} = \frac{0.25 \text{ (J/s)}}{\pi (0.25) (0.1) \text{ m}^2} = \frac{10}{\pi} \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ s}} \approx 3.2 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ s}}$$



$$A = \frac{S}{\cos \theta} = \frac{S}{\cos 30^\circ} = \frac{2S}{\sqrt{3}} \quad (7-3)$$

چنان چه متوسط شدت در سطح مایع برابر x باشد داریم :

$$(x) \left(\frac{2S}{\sqrt{3}} \right) = IA \Rightarrow x = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \left(\frac{IA}{S} \right)$$

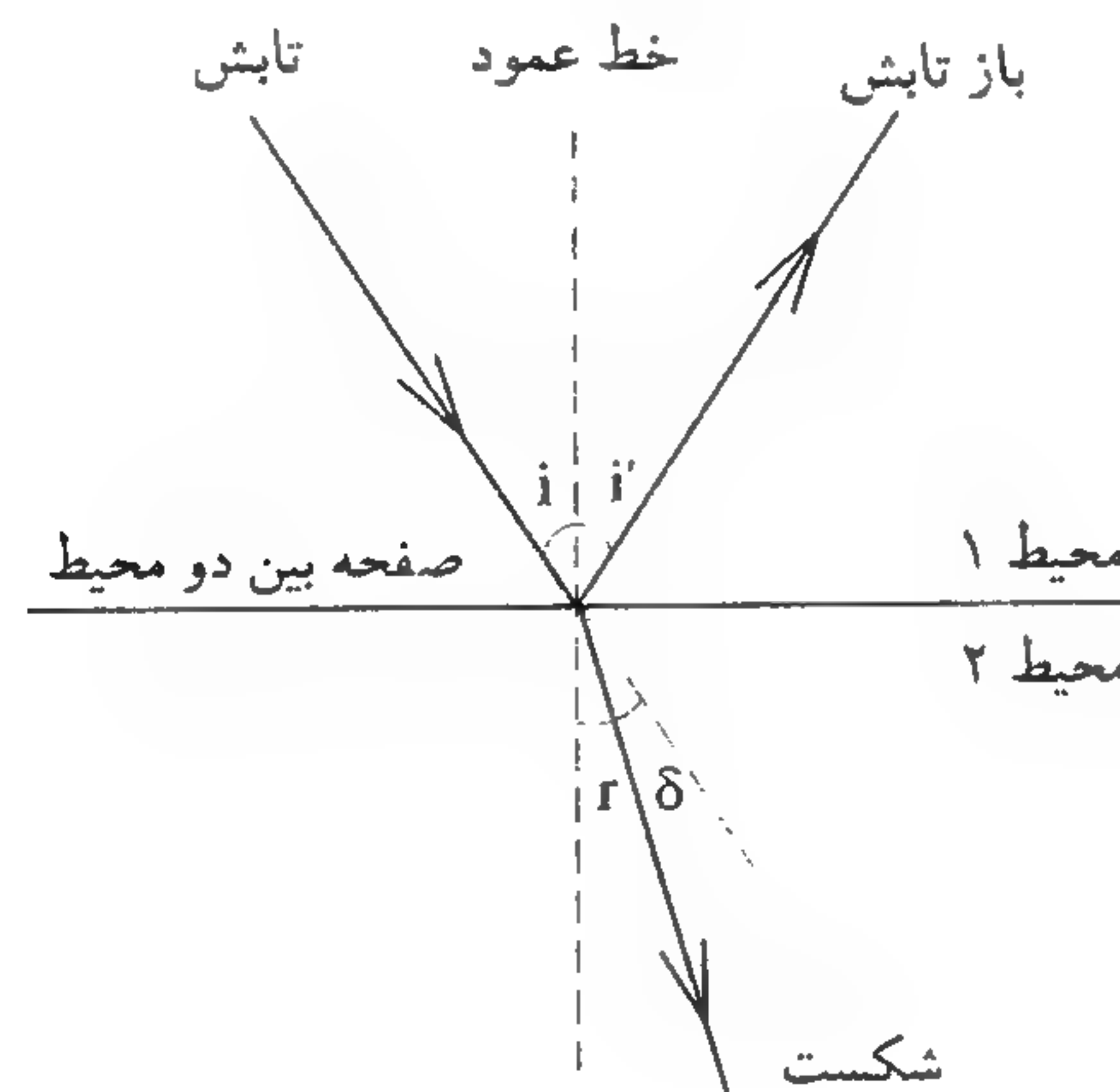
4

فصل دوم

بازتابش و شکست ، امواج تخت و سطوح تخت

۱-۲ بازتابش و شکست

باریکه فرودی نور را در نظر می‌گیریم که بر سطح تخته جداکننده دو محیط (مثل هوا و آب) فرود می‌آید. زاویه تابش i ، زاویه بازتابش i' و زاویه شکست r به ترتیب زاویه‌هایی هستند که میان خط عمود بر صفحه جدایی دو محیط و پرتوهای تابش، بازتابش و شکست تشکیل می‌شوند.



قوانین بازتابش

الف) پرتو تابش، پرتو بازتابش و خط عمود در یک صفحه‌اند.

ب) زاویه تابش و زاویه بازتابش با یکدیگر برابرند $i = i'$.

قوانین شکست

الف) پرتو تابش، پرتو شکست و خط عمود در یک صفحه‌اند.

ب) نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست مقدار ثابتی است.
 نکته : اگر چه قوانین بازتابش و قوانین شکست را می‌توان به صورت تجربی بررسی و اثبات کرد،
 هر دو را می‌توان بر اساس اصل هویگنس و اصل فرما به دست آورد.

۲-۲ قانون اسنل

قانون مربوط به شکست را اسنل به صورت تجربی کشف کرد :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$$

n_{21} مقدار ثابتی است که آن را ضریب شکست محیط ۲ نسبت به محیط ۱ گویند.

۲-۳ ضریب شکست

ضریب شکست یک محیط (و یا ضریب شکست آن محیط نسبت به خلأ) عبارت است از سرعت نور در خلأ نسبت به سرعت نور در آن محیط :

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2}$$

بنابراین هر چه ضریب شکست یک محیط بیشتر باشد سرعت نور در آن محیط کمتر است. به عنوان مثال سرعت نور در هوا بیشتر از سرعت نور در آب است بنابراین اگر n_1 ضریب شکست محیط ۱ که در آن نور تحت زاویه i به سطح جداگانه محیط ۱ با محیط ۲ می‌تابد، باشد و n_2 ضریب شکست محیط ۲ باشد که نور با زاویه شکست r نسبت به خط عمود وارد آن می‌شود برای قانون اسنل داریم :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می‌شود $r < i \Leftarrow n_2 > n_1$

نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود $r > i \Leftarrow n_2 < n_1$

$\delta = |i - r|$ میزان انحراف نور در عبور از دو محیط

اما در مورد طول موج و فرکانس نور عبوری از دو محیط :

فرکانس در عبور از محیطی به محیط دیگر تغییر نمی‌کند اما طول موج تغییر می‌کند. اگر λ .

طول موج نور در خلأ باشد و λ_n طول موج نور در محیطی با ضریب شکست n ، داریم :

$$\begin{cases} \lambda_n v = v = \frac{c}{n} \\ \lambda_o v = c \end{cases}$$

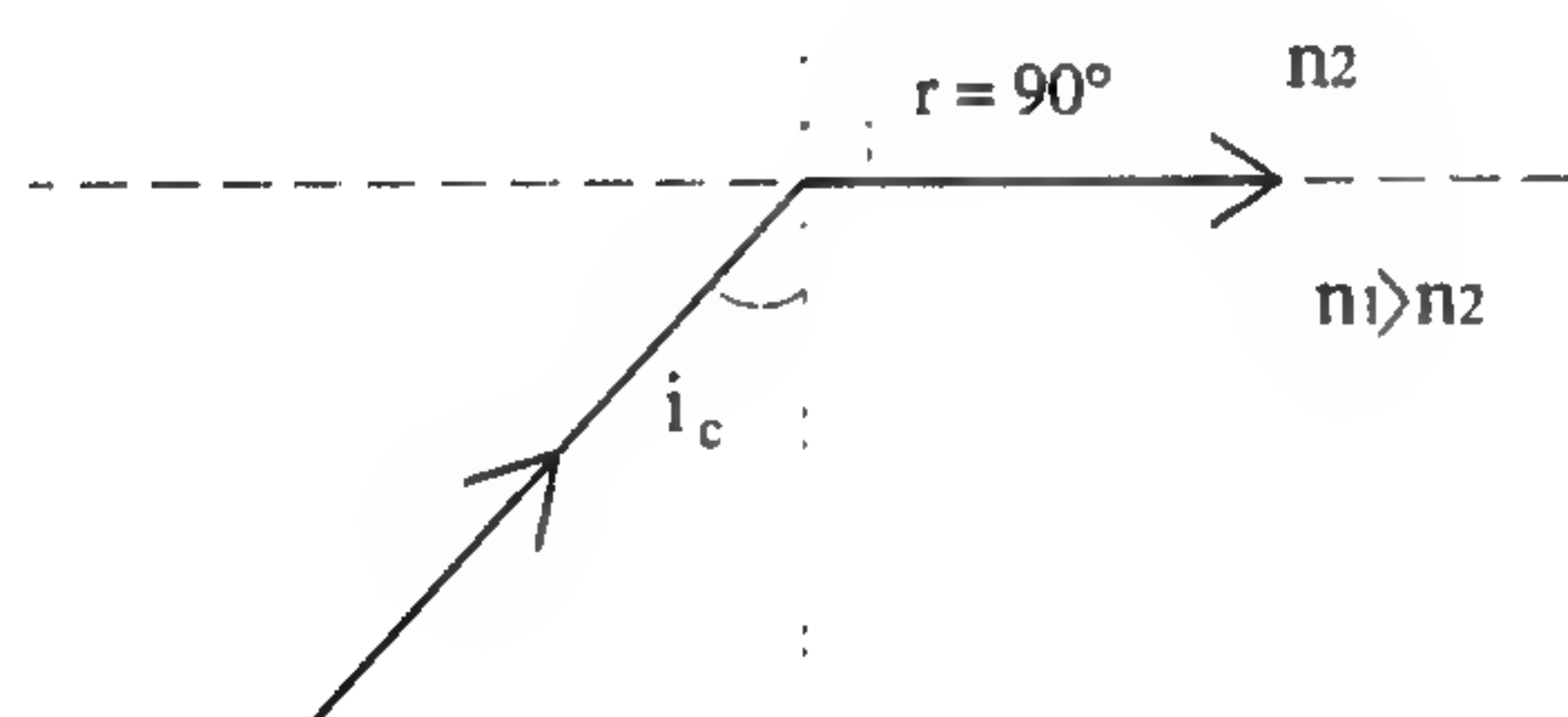
$$\Rightarrow \frac{\lambda_n}{\lambda_o} = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda_n = \frac{\lambda_o}{n} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_r}{n_1} = \frac{v_1}{v_r} = \frac{\lambda_1}{\lambda_r}$$

* بنابراین هنگامی که یک پرتو رنگی از محیطی وارد محیط دیگر می شود فرکانس آن تغییر نمی کند (در نتیجه رنگ و انرژی فوتونها تغییر نمی کند) اما سرعت و طول موج آن تغییر می کند.

۴-۲ زاویه حد و بازتابش داخلی

هنگامی که نور از محیط غلیظ به محیط رقیق بتابد ($n_1 > n_2$) ، زاویه ای که در آن نور خارج شده ، مماس بر سطح دو محیط خارج می شود ($r = 90^\circ$) زاویه حد نامیده می شود (i_c).

$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow i_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

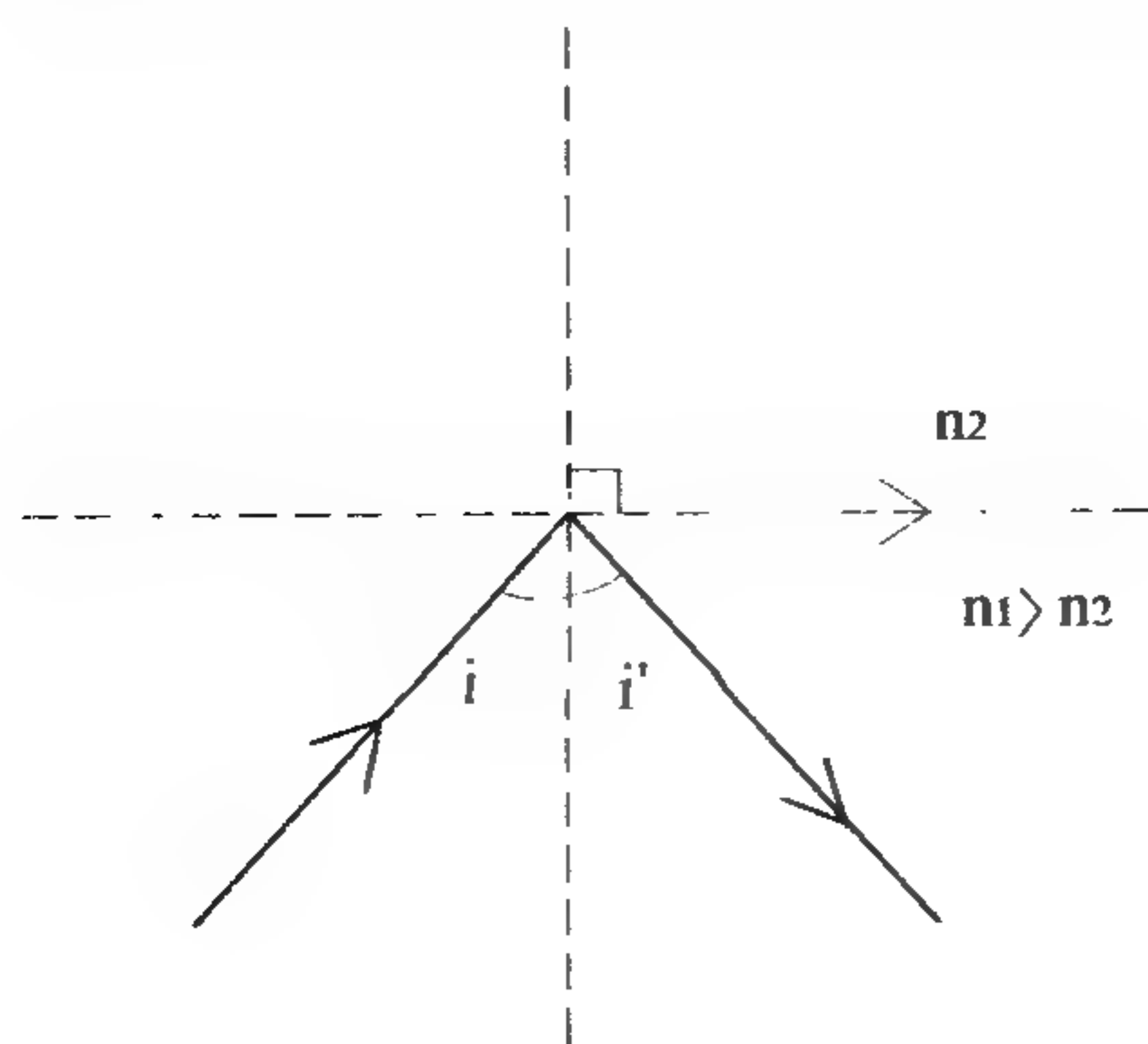


معمولاً محیط ۲ هوا است بنابراین زاویه حد برای محیط ۱ نسبت به هوا عبارت است از :

$$i_c = \sin^{-1} \frac{1}{n_1}$$

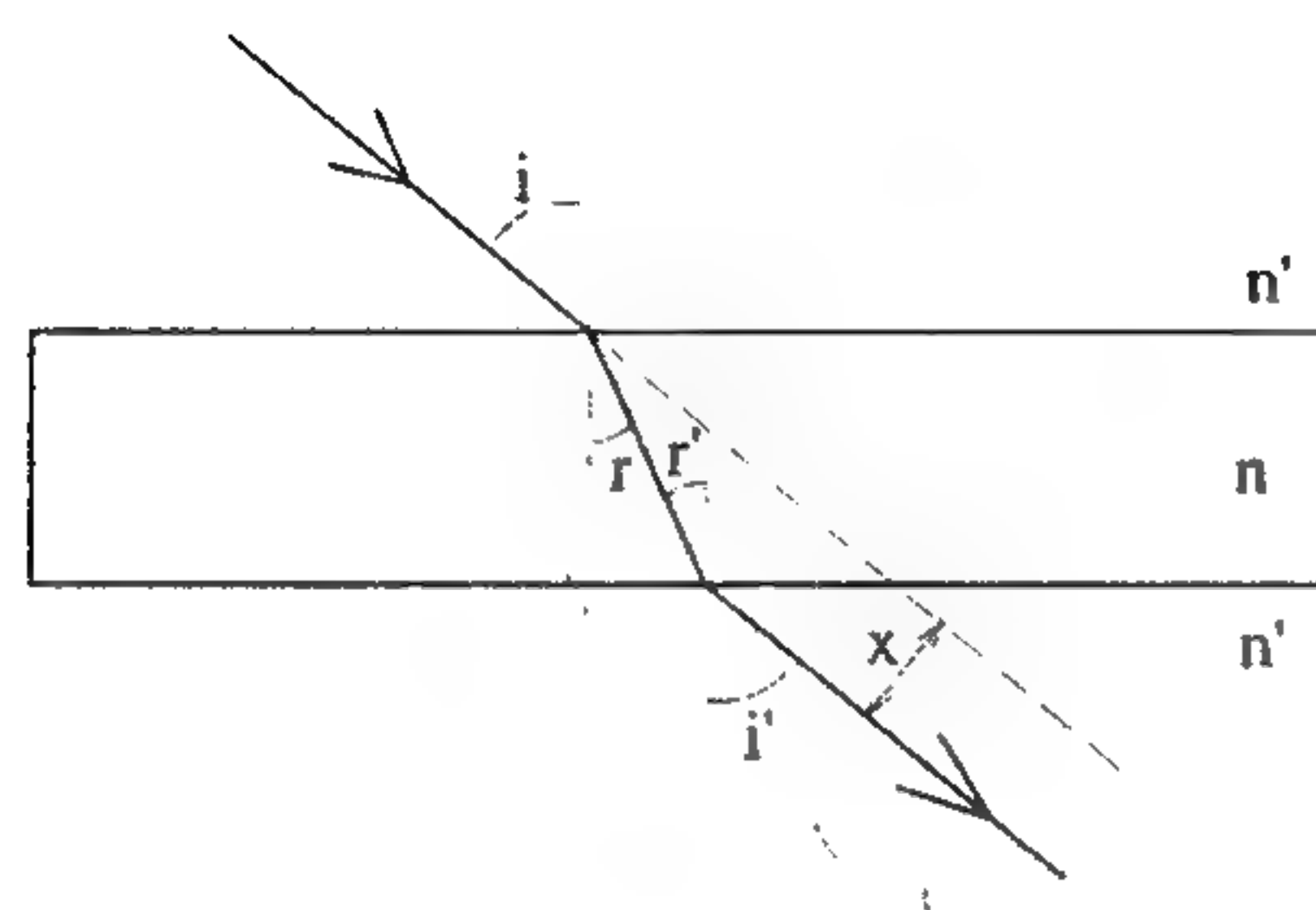
اگر زاویه تابش هنگامی که نور از محیط غلیظ به رقیق می تابد بزرگتر از زاویه حد باشد سطح بین دو محیط مانند آینه عمل کرده و نور تحت همان زاویه به محیط غلیظ بازتاب پیدا می کند.

$$i > i_c \quad \text{و} \quad i = i'$$



۵-۲ تیغه متوازی السطوح

با استفاده از قانون اسنل می‌توان مسیر نور را در عبور از محیط‌های مختلف به دست آورد. مثالهایی از این مورد بررسی مسیر نور در عبور از تیغه‌های متوازی السطوح و یا منشور می‌باشد. در زیر مسیر نور را در عبور از یک تیغه متوازی السطوح به ضخامت t بررسی می‌کنیم.

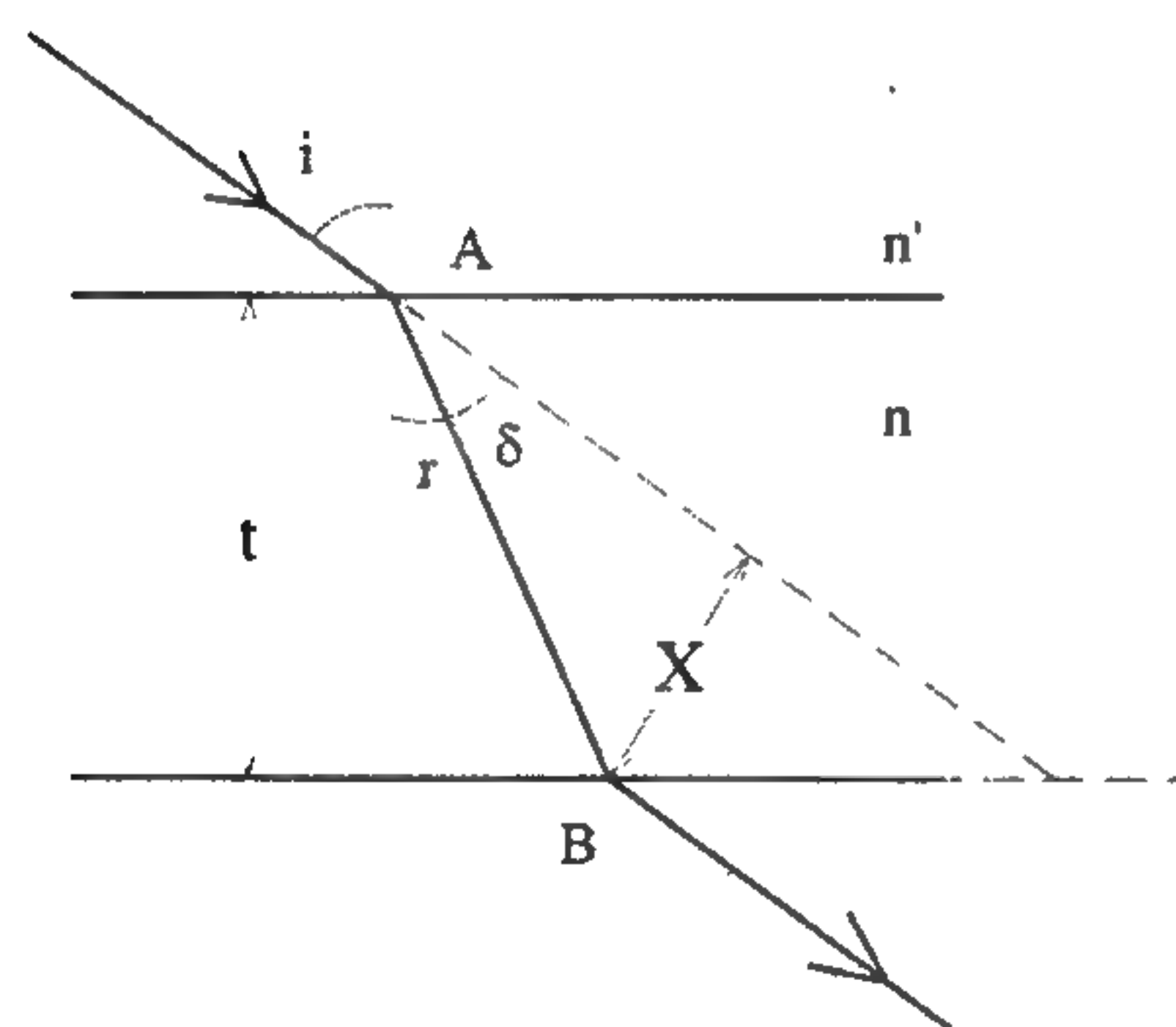


ابتدا حالتی را در نظر می‌گیریم که تیغه متوازی السطوح در محیطی با ضریب شکست n' قرار دارد (شکل بر این اساس رسم شده که $n > n'$ و در نتیجه $r < i$ است).

$$\begin{cases} n' \sin i = n \sin r \\ n \sin r' = n' \sin i' \\ r = r' \end{cases}$$

$$\Rightarrow i = i'$$

بنابراین نور خروجی موازی با نور فرودی است و تنها به اندازه x جا به جا شده است.



$$\left. \begin{aligned} (AB) \cos r &= t \quad \text{و} \quad x = (AB) \sin \delta \\ \Rightarrow x &= \frac{t}{\cos r} \sin \delta = \frac{t \sin(i-r)}{\cos r} \end{aligned} \right\}$$

برای زوایای کوچک جا به جایی به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{cases} \cos r \approx 1, \sin(i-r) \approx i-r = i - \frac{n'}{n}i \\ n' \sin i = n \sin r \Rightarrow n'i = nr \Rightarrow r = \frac{n'}{n}i \end{cases}$$

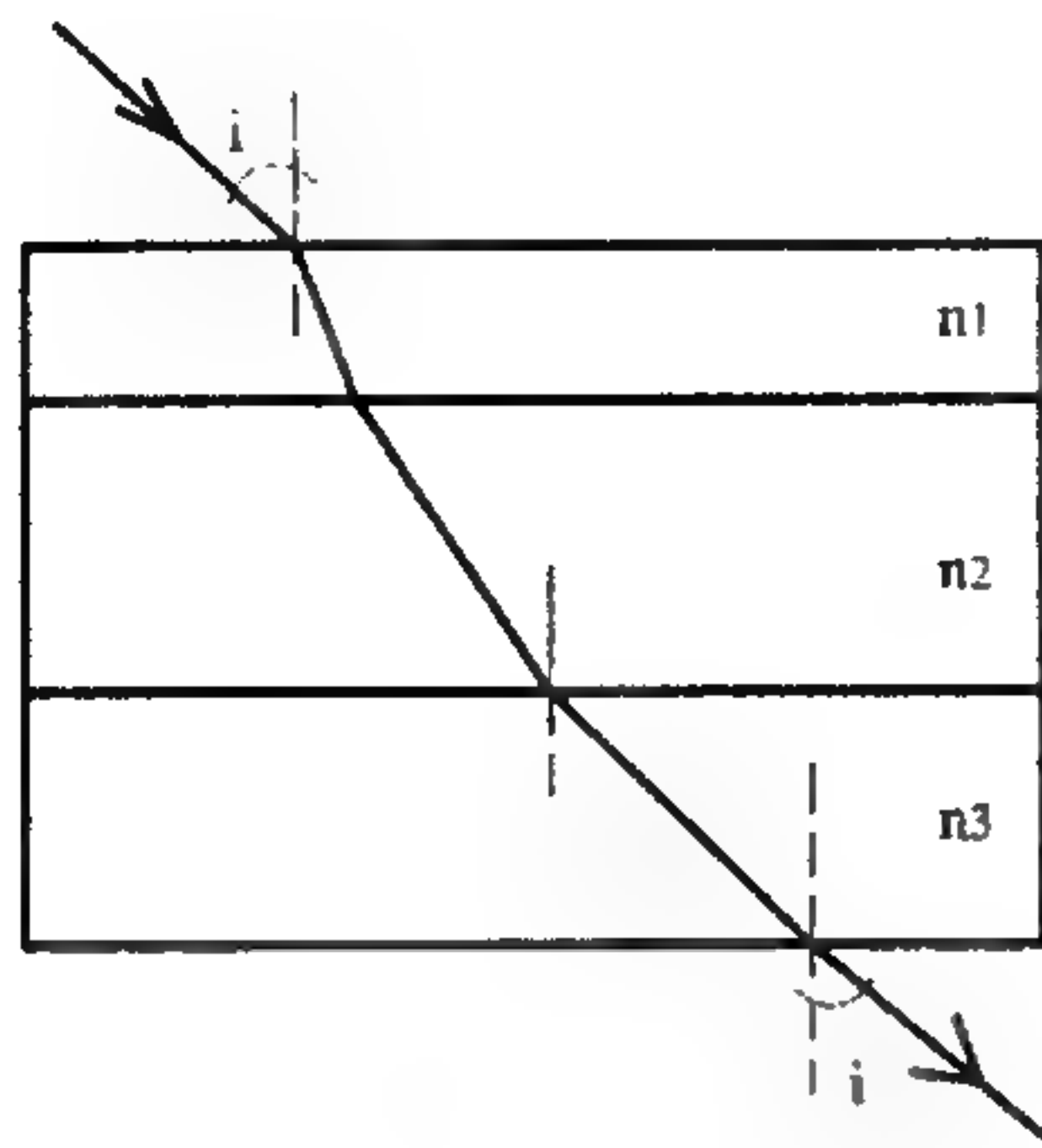
$$\Rightarrow x = \frac{t(i-r)}{1} = ti\left(1 - \frac{n'}{n}\right)$$

معمولاً تیغه‌های متوازی السطوح را در هوا بررسی می‌کنیم $n' = 1$

$$\Rightarrow x = ti\left(1 - \frac{1}{n}\right) = ti \frac{n-1}{n}$$

ضریب شکست

اگر تیغه از چند لایه با ضریب شکست‌های مختلف تشکیل شده باشد. اگر ضریب شکست دو طرف تیغه برابر باشد باز زاویه ورودی و خروجی با هم برابر و پرتو ورودی با خروجی موازی است.



شکل بر اساس $n_3 < n_2 < n_1$ رسم شده است.

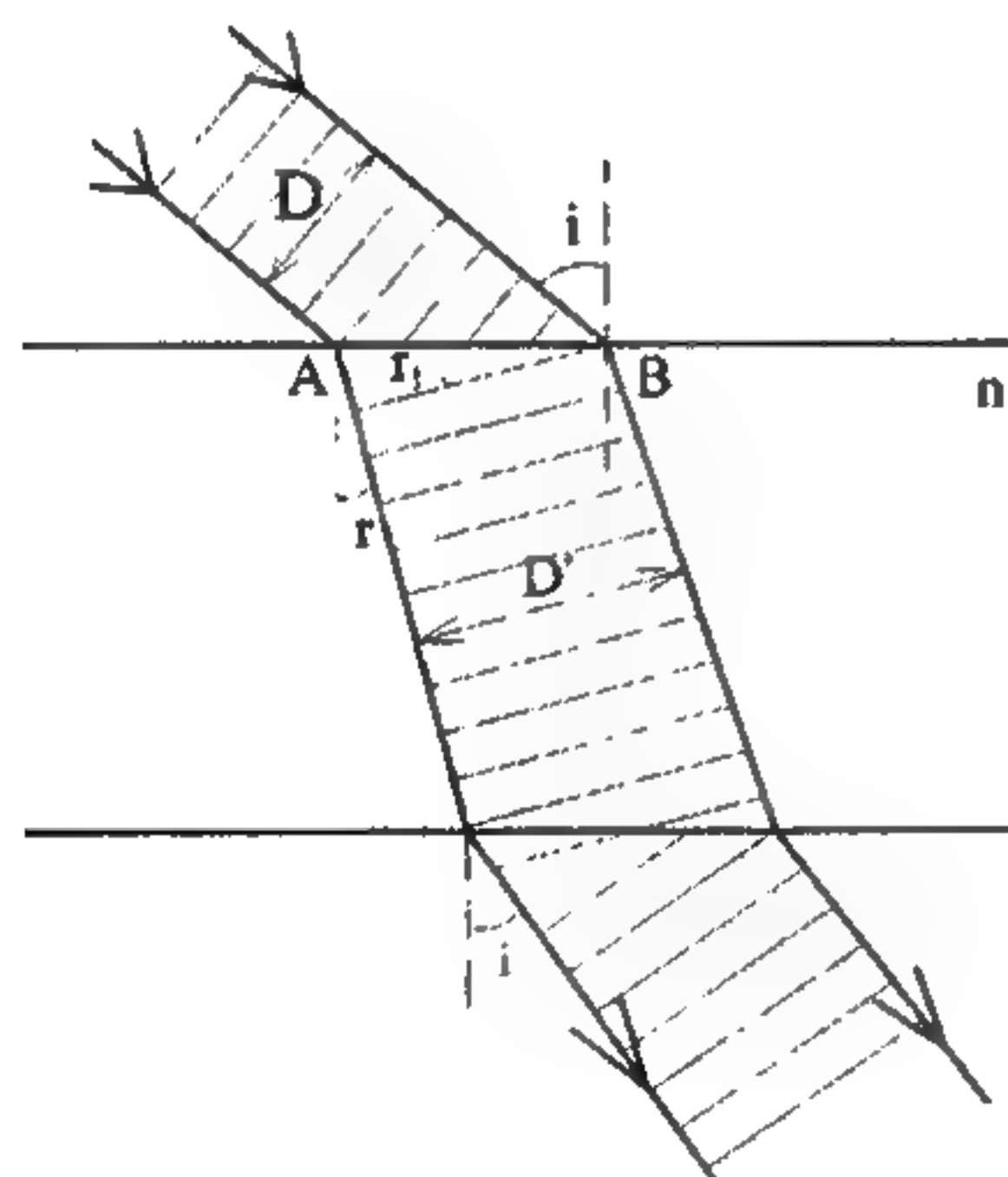
نکته

الف) اگر ضریب شکست تیغه از دو ضریب شکست دو طرف کمتر باشد ($n < n'$) مانند یک لایه هوا میان دو تیغه شیشه، باز پرتو خروجی با ورودی موازی است ولی در محاسبه x به جای $i - r$ داریم $r - i$.

ب) اگر ضریب شکست دو طرف تیغه برابر نباشد نور خروجی با نور ورودی موازی نیست.

عرض پرتو

اگر به جای یک باریکه نور یک پرتو به عرض قابل ملاحظه به تیغه بتابانیم می‌توان تغییر عرض پرتو را در درون تیغه مشاهده کرد D عرض پرتو در بیرون از تیغه (در هوا و $n' = 1$) و D' عرض پرتو در تیغه است.



$$\begin{cases} (AB) \cos i = D \\ (AB) \cos r = D' \end{cases} \Rightarrow D' = D \frac{\cos r}{\cos i}$$

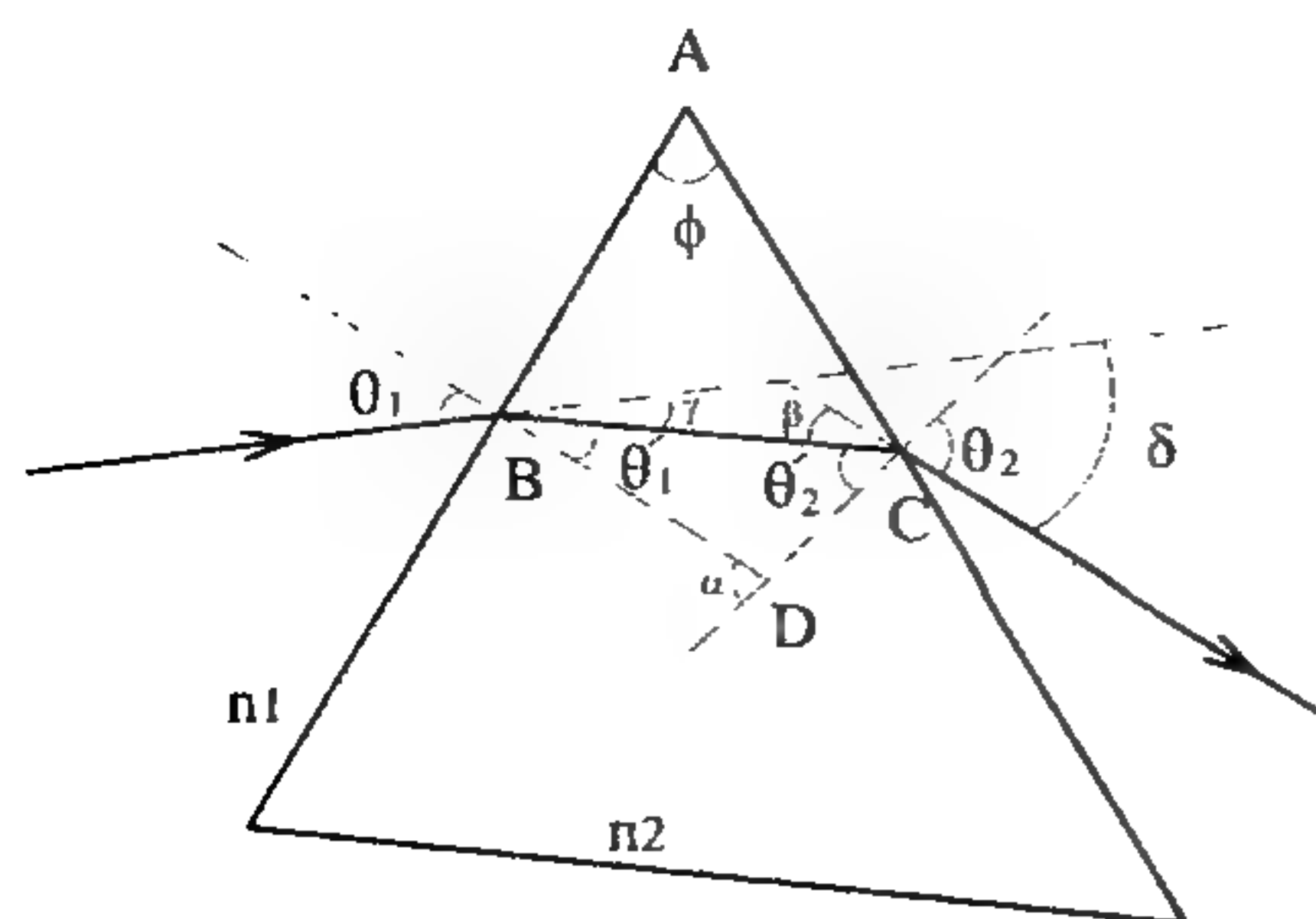
تغییر عرض

۶-۲ منشور

نور تحت زاویه θ_1 نسبت به خط عمود به منشور می‌تابد. مسیر نور را بررسی می‌کنیم. ϕ زاویه

رأس منشور است. منشور دارای ضریب شکست n_2 و

ضریب شکست محیط اطراف n_1 است.



شکست در وجه اول $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta'_1$

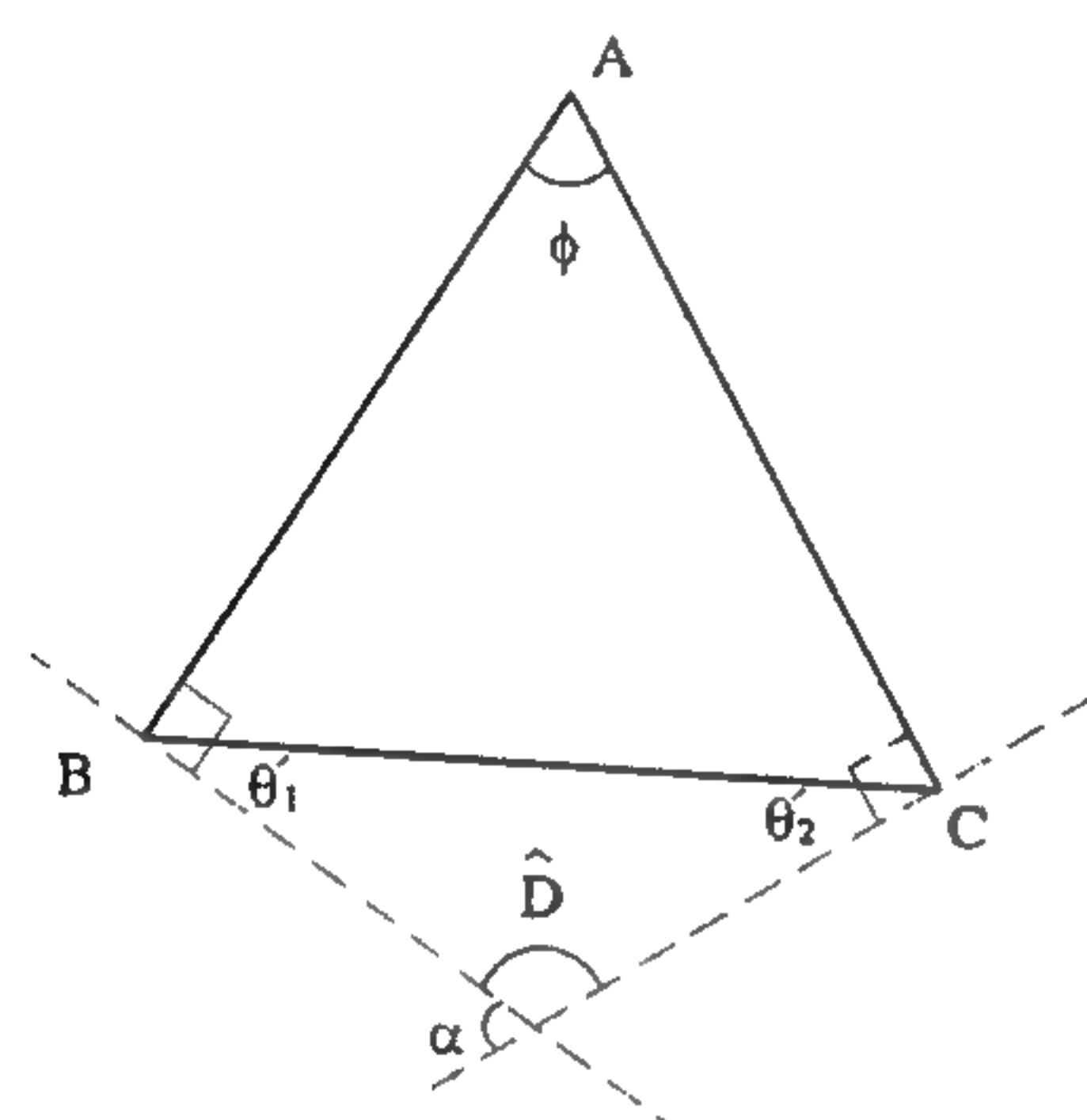
شکست در وجه دوم $n_2 \sin \theta'_2 = n_2 \sin \theta_2$

میزان انحراف دوم $\beta = \theta_2 - \theta'_2$ و میزان انحراف اول $\gamma = \theta_1 - \theta'_1$

انحراف کل $\delta = \gamma + \beta = \delta = (\theta_1 + \theta_2) - (\theta'_1 + \theta'_2)$

اگر چهار ضلعی ABCD را در نظر بگیریم $\hat{B} = \hat{C} = 90^\circ$ و چون $\hat{\phi} + \hat{B} + \hat{C} + \hat{D} = 360^\circ$

بنابراین $\hat{\phi} + \hat{D} = 180^\circ$ بنابراین :



$$\begin{cases} \hat{\phi} = 180^\circ - \hat{D} = \hat{\alpha} \Rightarrow \hat{\phi} = \hat{\theta}'_1 + \hat{\theta}'_2 \\ \hat{\theta}'_1 + \hat{\theta}'_2 = \hat{\alpha} \end{cases}$$

بنابراین $\delta = (\theta_1 + \theta_2) - \phi$

نکته

الف) معمولاً منشور را در هوا بررسی می‌کنیم و $n_1 = 1$ و $n_2 = n$.

ب) اگر منشور نازک (ϕ کوچک) باشد و فرود نور تقریباً عمودی باشد (θ_1 کوچک) زاویه انحراف بستگی به زاویه فرود ندارد و مساوی با $\phi (n - 1)$ است :

$$n_1 = 1 \text{ و } n_2 = n \Rightarrow 1 \times \sin \theta_1 = n \sin \theta'_1 \Rightarrow \theta_1 = n \theta'_1$$

به همین ترتیب $\theta_2 = n \theta'_2$ بنابراین :

$$\delta = (\theta_1 + \theta_2) - (\theta'_1 + \theta'_2) = n (\theta'_1 + \theta'_2) - (\theta'_1 + \theta'_2) = (n - 1) (\theta'_1 + \theta'_2) = (n - 1) \phi$$

هر چه ضریب شکست منشور برای طول موج خاصی بیشتر باشد انحراف نور با طول موج مربوطه بیشتر است.

ج) منشور در حالت مینیمم انحراف

اگر زاویه تابش را تغییر دهیم، زاویه انحراف کل δ تغییر می‌کند. در حالتی که δ به حداقل خود می‌رسد منشور در مینیمم انحراف است. در این حالت :

$$\begin{cases} \theta_1 = \theta_2 \\ \theta'_1 = \theta'_2 \end{cases} \quad \phi = \theta'_1 + \theta'_2 \Rightarrow \theta'_1 = \theta'_2 = \frac{\phi}{2}$$

$$\delta = (\theta_1 + \theta_2) - \phi = 2\theta_1 - \phi \Rightarrow \theta_1 = \frac{\delta + \phi}{2}$$

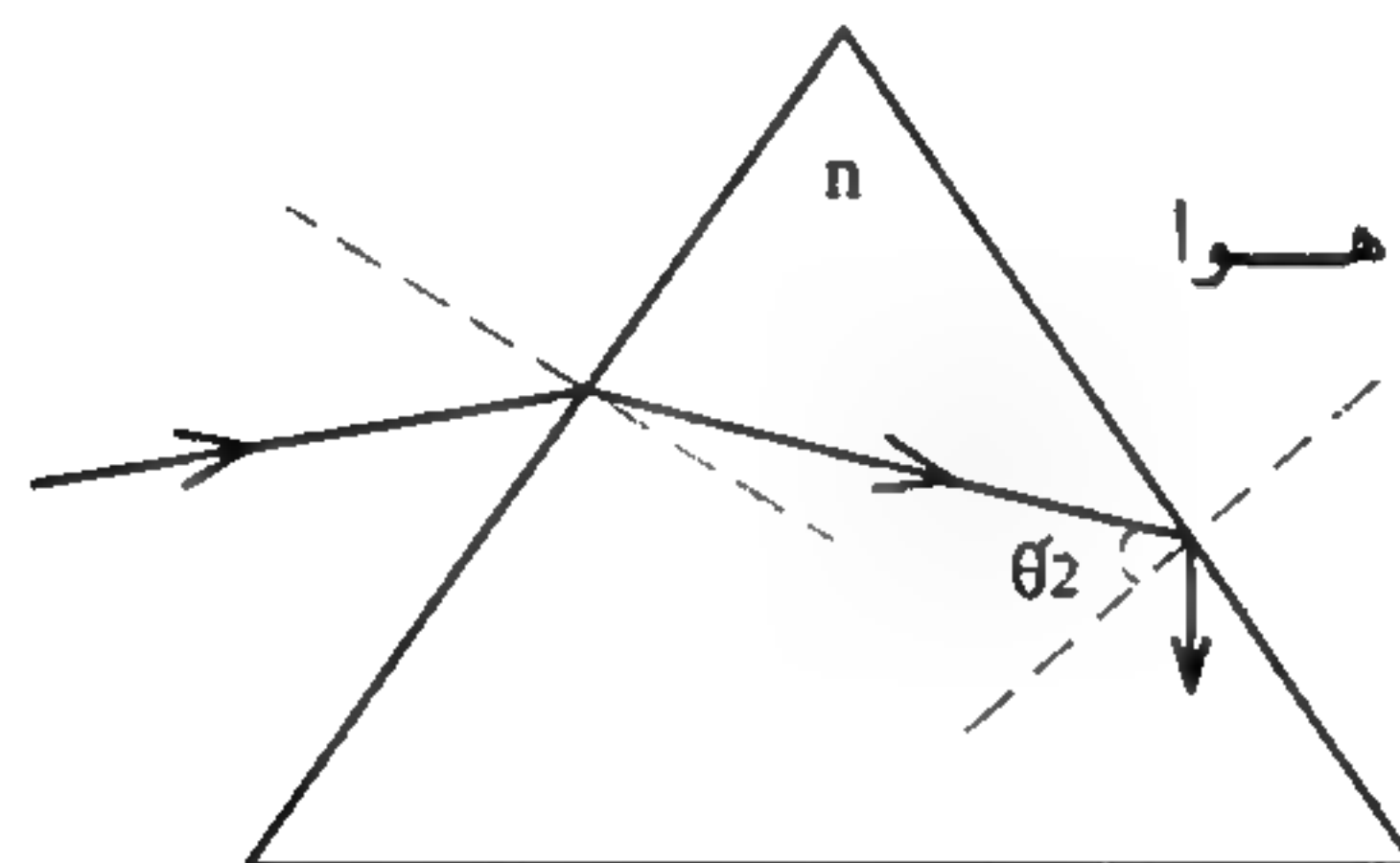
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta'_1 \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta'_1} = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \phi}{2}}{\sin \frac{\phi}{2}}$$

بنابراین برای منشوری با ضریب شکست n که در هوا قرار دارد :

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \phi}{2}}{\sin \frac{\phi}{2}}$$

(د) توجه به زاویه حد

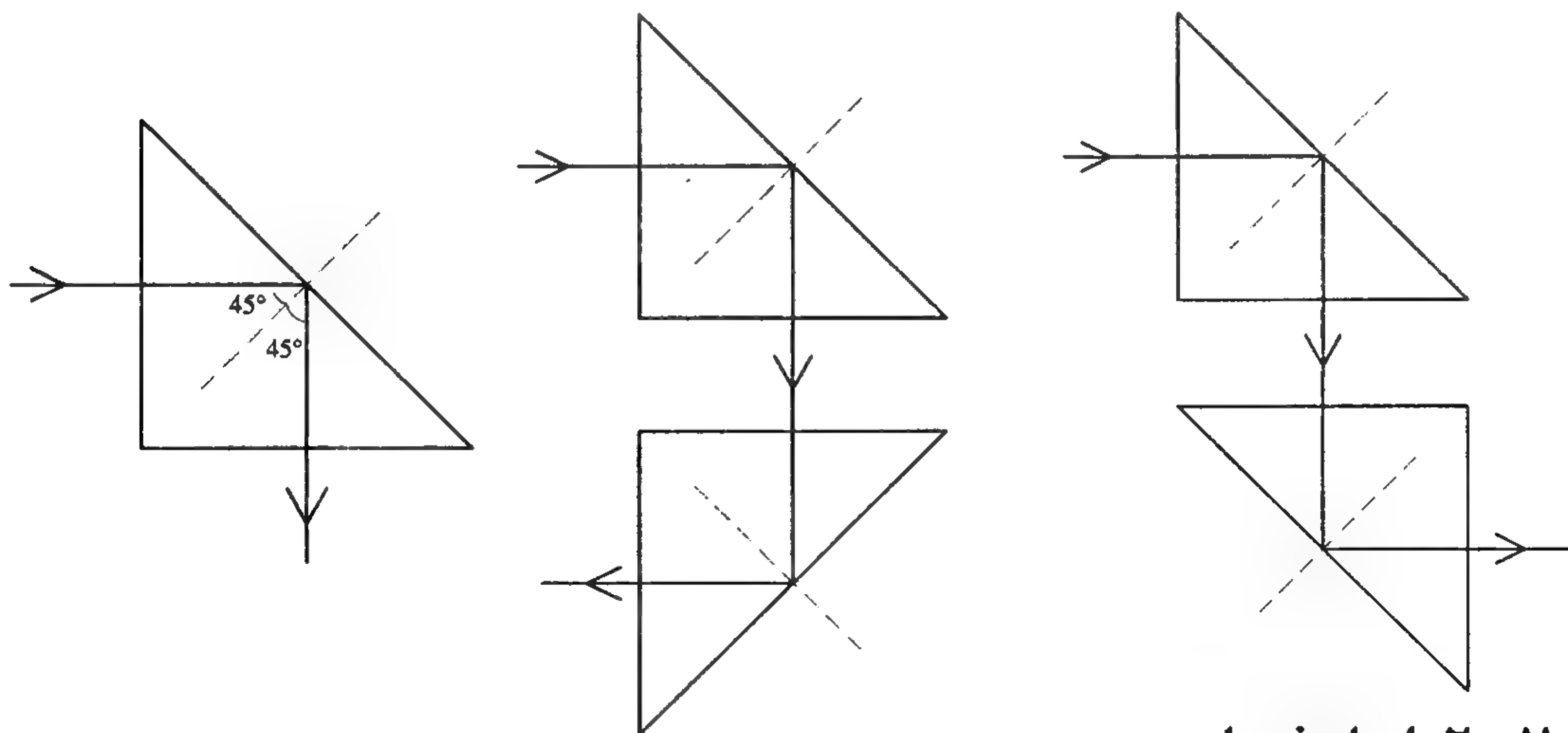
در بررسی مسیر نور در یک منشور باید توجه داشت که زاویه حد منشور با توجه به محیط بیرونی چیست. به عنوان مثال اگر ضریب شکست منشور $n_2 = n$ و منشور در هوا باشد $n_1 = 1$ ، زاویه حد $i_c = \sin^{-1} \frac{1}{n}$ است. اگر زاویه تابش به وجه دوم از زاویه حد بیشتر باشد نور به سمت وجه دیگر منشور بازتاب داخلی پیدا می کند.



$$\theta_2' > i_c = \sin^{-1} \frac{1}{n}$$

از بازتابش کلی در منشورها می توان برای انحراف نور تحت زوایای 90° یا 180° و یا جا به جایی مسیر نور استفاده کرد. برای این کار از منشورهای قائم الزاویه از جنس شیشه استفاده می کنیم :

$$n = 1.52 \Rightarrow i_c = \sin^{-1} \frac{1}{n} \approx 42^\circ$$



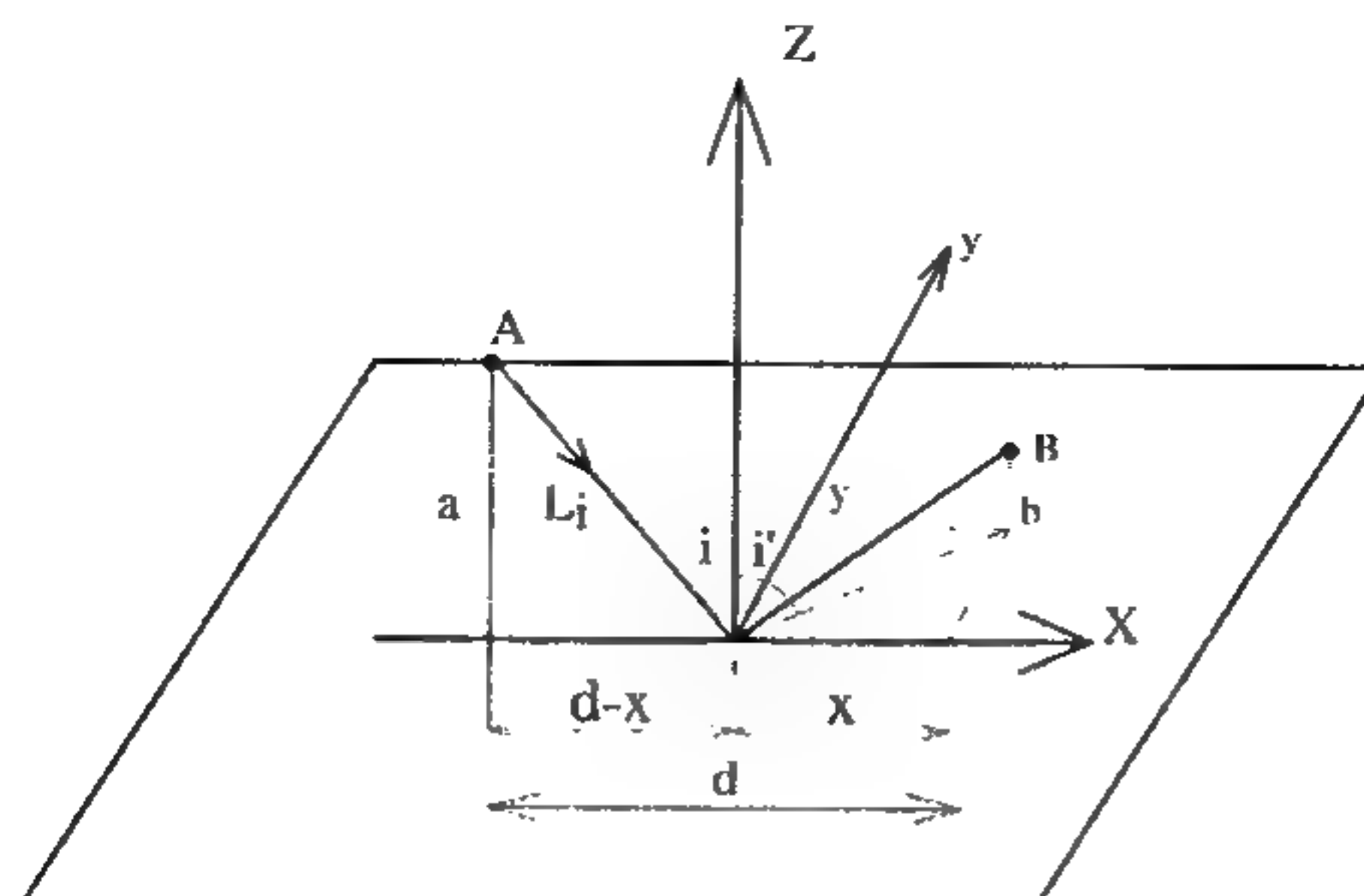
۷-۲ اصل فرما

پرتو نور در عبور از یک نقطه به نقطه دیگر چنان مسیری را دنبال می کند که زمان لازم برای طی آن، در مقایسه با مسیرهای مجاور، یا مینیمم باشد یا ماکزیمم و یا تغییر نکند.

به عنوان مثال فرض می‌کنیم نور آمده از A در صفحه zx به آینه‌ای که در صفحه yx قرار دارد

برخورد کند و به نقطه B برود

$$t = \frac{l_1}{c} + \frac{l_2}{c} = \frac{l_1 + l_2}{c}$$



$$\frac{dt}{dx} = 0, \quad \frac{dt}{dy} = 0$$

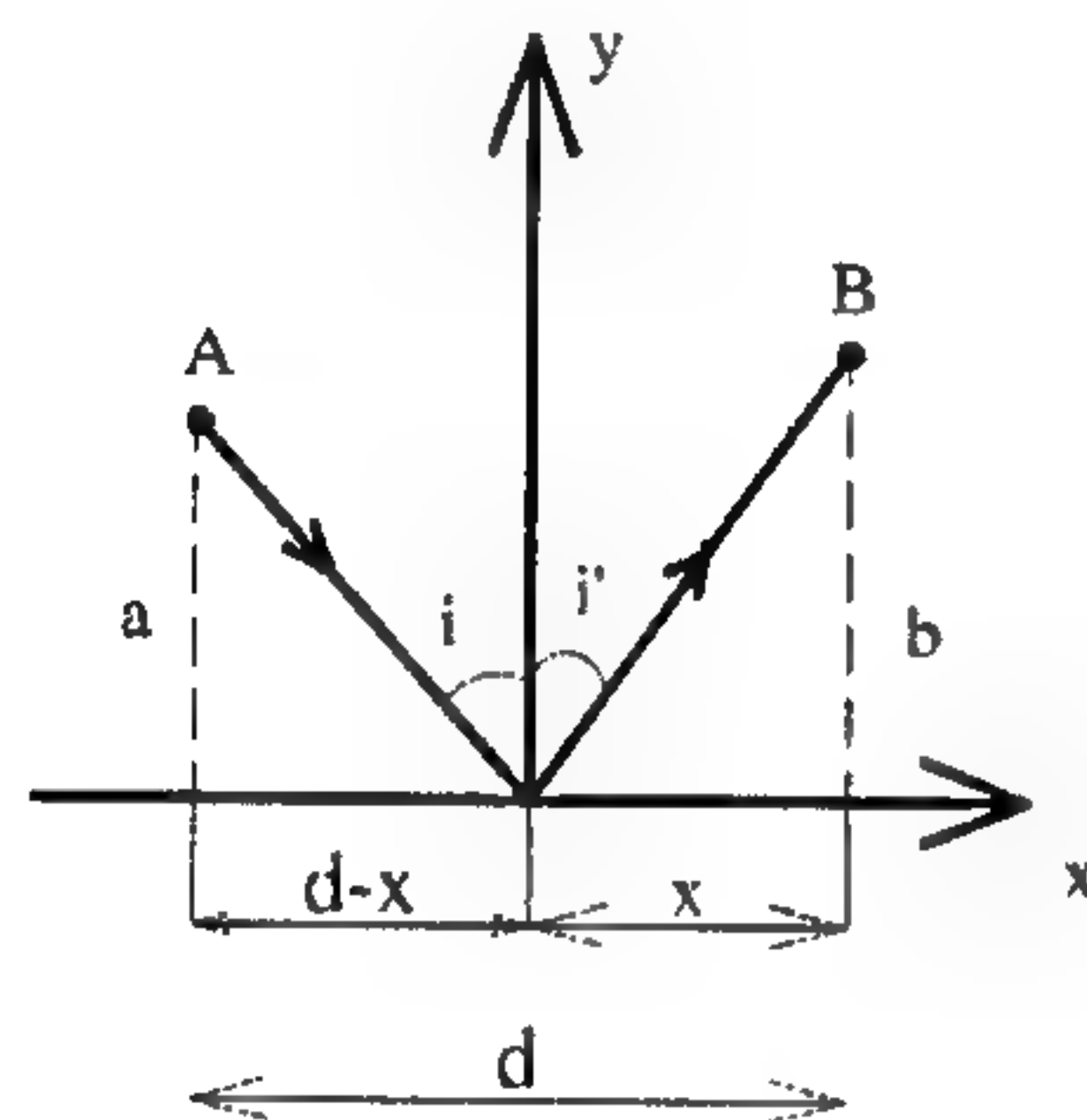
همان گونه که از اصل فرما داریم :

$$l_1 + l_2 = \sqrt{a^2 + (d-x)^2} + \sqrt{b^2 + x^2 + y^2}$$

$$\frac{dt}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{d(l_1 + l_2)}{dy} = 0 \Rightarrow 0 + \frac{2y}{2\sqrt{b^2 + x^2 + y^2}} = 0 \Rightarrow y = 0$$

بنابراین پرتو نور آمده در صفحه zx در صفحه zx نیز بازتاب پیدا می‌کند و به عبارتی پرتو

تابش، بازتابش و خط عمود در یک صفحه‌اند.



$$\frac{dt}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{d(l_1 + l_2)}{dx} = \frac{-2(d-x)}{2\sqrt{a^2 + (d-x)^2}} + \frac{2x}{2\sqrt{b^2 + x^2}} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d-x}{\sqrt{a^2 + (d-x)^2}} = \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}} \Rightarrow \sin i = \sin i' \Rightarrow i = i'$$

(البته چون $i' < 90^\circ$ است از برابری سینوسها، برابری زاویه‌ها را نتیجه گرفتیم).

۸-۲ راه نوری

اگر نور مسافت d را در محیطی با ضریب شکست n و در مدت زمان t طی کند، راه نوری عبارت

است از مسافتی که نور در همان مدت زمان t در خلاء طی می‌کند. اگر سرعت نور در محیط با

ضریب شکست n باشد، برای راه نوری داریم :

$$L = ct = c\left(\frac{d}{u}\right) = \left(\frac{c}{u}\right)d = nd$$

به عنوان مثال، اگر دو پرتو نور (با طول موج یکسان در خلاء) پس از آنکه یکی از امواج مسافت d_1 را در محیطی با ضریب شکست n_1 و موج دیگر مسافت d_2 را در محیطی با ضریب شکست n_2 تلاقی کنند داریم :

$$\text{اختلاف فاز} = \frac{2\pi}{\lambda_1} d_1 - \frac{2\pi}{\lambda_2} d_2 = \frac{2\pi}{\left(\frac{\lambda}{n_1}\right)} d_1 - \frac{2\pi}{\left(\frac{\lambda}{n_2}\right)} d_2$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} (n_1 d_1 - n_2 d_2) = \frac{2\pi}{\lambda} (l_1 - l_2)$$

که λ طول موج دو موج در خلاء است.

۹-۲ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- ضریب شکست یک محیط شفاف نسبت به هوا برای نور با طول موج مشخص مساوی است با نسبت :
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)

۱- سرعت انتشار نور برای آن طول موج در محیط شفاف به سرعت انتشار آن در هوا

۲- طول موج نور در هوا به طول موج آن در محیط شفاف

۳- فرکانس نور در هوا به فرکانس آن در محیط شفاف

۴- فرکانس نور در محیط شفاف به فرکانس آن در هوا

۲- کدام یک از گزاره‌های زیر صحیح است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۱)

۱- سرعت نور در هوا بیشتر از سرعت نور در آب است.

۲- سرعت نور در هوا کمتر از سرعت نور در آب است.

۳- سرعت نور طبق نسبیت خاص در همه محیطها یکی است.

۴- سرعت نور طبق مکانیک نیوتونی در همه محیطها یکی است.

۳- ضریب شکست یک ماده شفاف برابر $\frac{1}{6}$ است. اگر سرعت نور در هوا $\frac{3 \times 10^8 \text{ km}}{\text{s}}$ باشد،

سرعت نور در این ماده شفاف چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)

$$۱۸۷۵۰ \frac{\text{km}}{\text{s}} - ۲$$

$$۲۸۷۵۰ \frac{\text{km}}{\text{s}} - ۱$$

$$۲۰۵۰۰ \frac{\text{km}}{\text{s}} - ۴$$

$$۳۸۷۵۰ \frac{\text{km}}{\text{s}} - ۳$$

۴- سرعت نور در هوا و در شیشه به ترتیب 3×10^8 و 2×10^8 متر بر ثانیه است. اگر طول

موج نور مرئی در هوا از ۳۹۰۰ تا ۶۹۰۰ آنگسترم باشد، طول موج نور مرئی در شیشه

..... آنگسترم است .
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)

$$۲۶۰۰ \text{ تا } ۴۶۰۰ - ۲$$

$$۲۵۰۰ \text{ تا } ۴۵۰۰ - ۱$$

$$۵۰۰۰ \text{ تا } ۹۰۰۰ - ۴$$

$$۵۰۷۰ \text{ تا } ۸۹۷۰ - ۳$$

۵- نور یک لامپ سدیم ($\lambda = 589 \text{ nm}$) در مدت زمان t_1 از یک مخزن گلیسیرین (با ضریب

شکست $\frac{1}{5}$) به طول 20 m عبور می‌کند. اگر همان مخزن را با دی‌سولفید کربن (با

ضریب شکست $\frac{1}{6}$) پر کنیم و نور در مدت t_2 از آن بگذرد اختلاف $t_2 - t_1$ را به دست

آورید.
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)

$$\frac{2}{3} \times 10^{-6} - ۴$$

$$3 \times 10^{-6} - ۳$$

$$\frac{2}{3} \times 10^{-8} - ۲$$

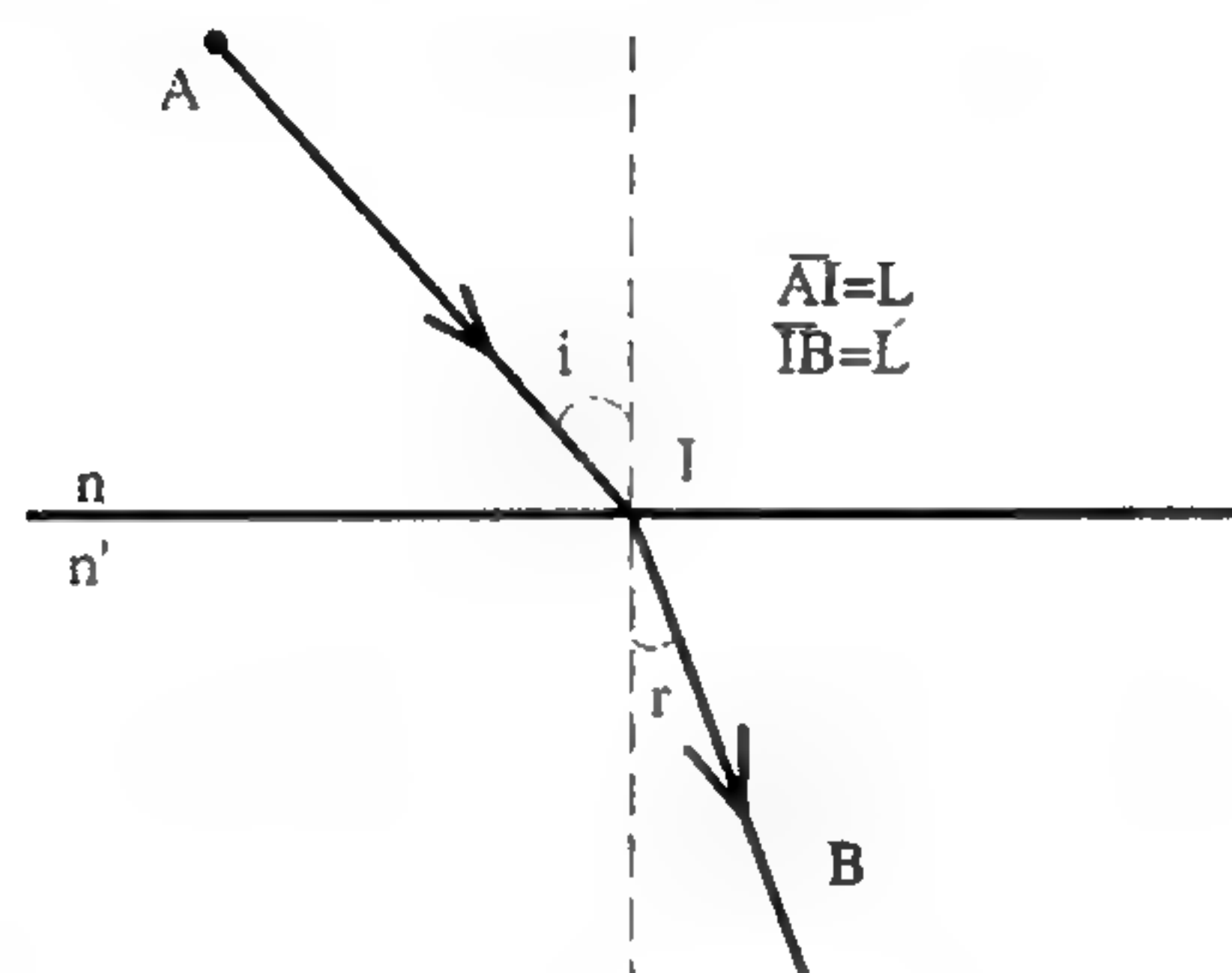
$$\frac{2}{3} \times 10^{-8} - ۱$$

۶- اگر پرتو تک رنگی از هوا وارد آب شود، طول موج و انرژی فوتون وابسته به آن به ترتیب چگونه تغییر می کند ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

۱- هر دو افزایش می یابد. ۲- افزایش می یابد - تغییر نمی کند.

۳- کاهش می یابد - تغییر نمی کند. ۴- هر دو کاهش می یابد.

۷- نور از نقطه A در محیطی به ضریب شکست n به نقطه B در محیط دیگر به ضریب شکست n' می رسد. اگر سرعت نور در محیط اول v باشد زمان لازم برای رسیدن نور از A به B چقدر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)



$$1 - \frac{1}{v} \left(l' + \frac{n}{n'} l \right)$$

$$2 - \frac{1}{v} \left(l + \frac{n'}{n} l' \right)$$

$$3 - \frac{v}{n + n'} (l + l')$$

$$4 - \frac{1}{v} \left(l + \frac{n}{n'} l' \right)$$

۸- پرتویی در هوا با زاویه ۳۰° (نسبت به قائم) به سطح صاف یک قطعه کوارتز می تابد. این باریکه شامل دو طول موج ۴۰۰ و ۵۰۰ نانومتر است ضریب شکست کوارتز نسبت به هوا برای این طول موجها به ترتیب ۱/۴۷۰۲ و ۱/۴۶۲۴ می باشد. زاویه میان دو باریکه شکست چند درجه است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

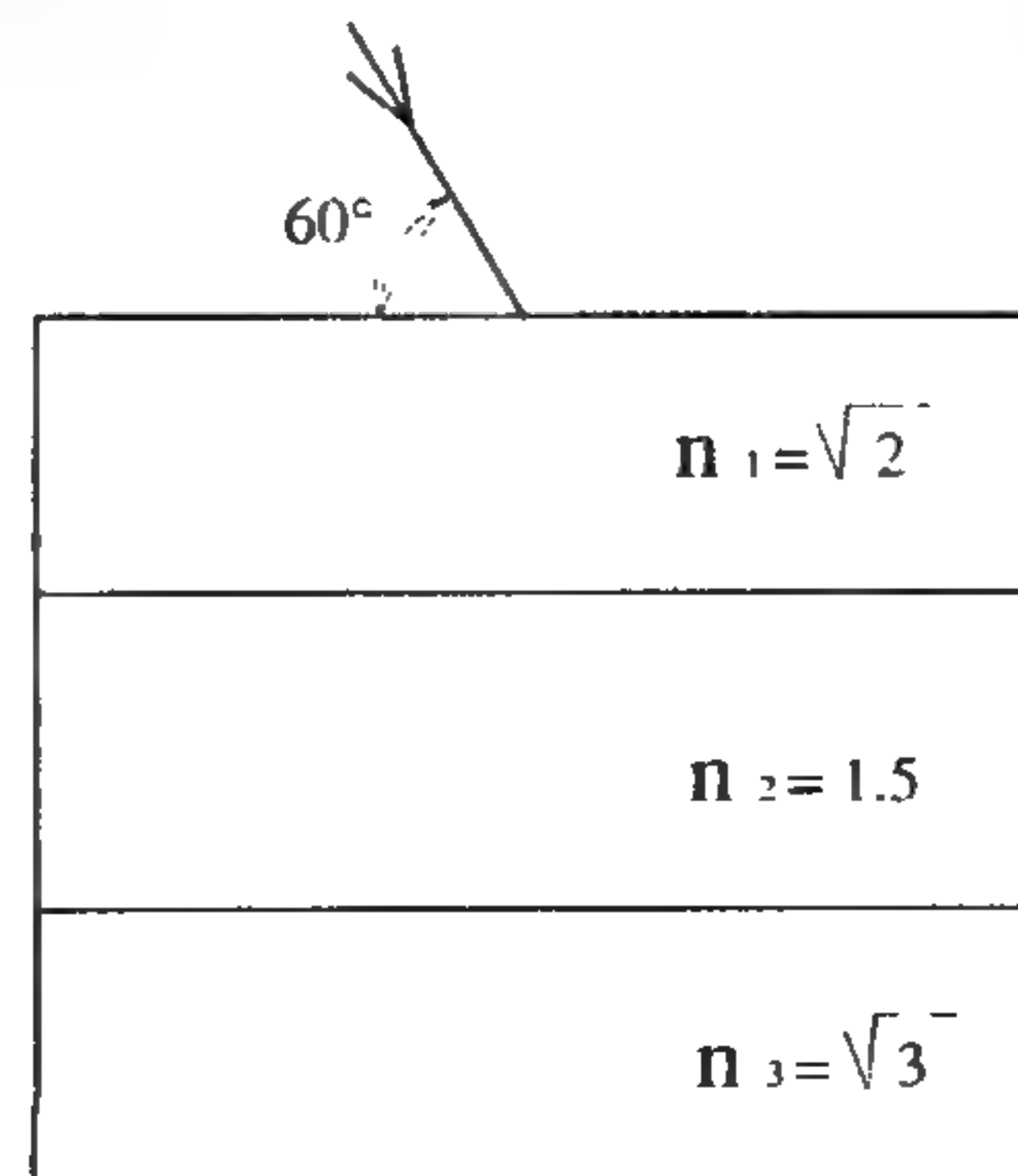
$$4 - 11^{\circ}$$

$$3 - 39/87^{\circ}$$

$$2 - 19/99^{\circ}$$

$$1 - 19/88^{\circ}$$

۹- در شکل مقابل زاویه شعاع شکست با خط عمود در خروج از سومین تیغه چند درجه است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)



است ؟

$$1 - 30$$

$$2 - 45$$

$$3 - 60$$

$$4 - 15$$

۱۰- سه تیغه متوازی السطوح چسبیده به هم به ترتیب به ضرایب شکست $1/5$ ، $1/6$ و $\sqrt{3}$ در هوا قرار دارند. اگر یک شعاع نور از هوا تحت زاویه 60° به تیغه اول به ضریب شکست $1/5$ بتابد، تحت زاویه وارد تیغه سوم به ضریب شکست $\sqrt{3}$ خواهد شد.

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸)

$$1-30^\circ \quad 2-60^\circ \quad 3-\text{Arcsin} \frac{1}{\sqrt{3}} \quad 4-\text{Arcsin} \frac{1}{2\sqrt{3}}$$

۱۱- بر روی یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست $\sqrt{3}$ ، لایه‌ای از مایع به ضریب شکست n ریخته‌ایم. یک شعاع نور در محیط شیشه تحت زاویه‌ای بیش از 60° درجه به فصل مشترک شیشه - مایع می‌تابد اما نور وارد محیط مایع نمی‌شود. حداکثر n مساوی است با:

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)

$$1-\frac{5}{2} \quad 2-\sqrt{2} \quad 3-\frac{4}{3} \quad 4-\frac{3}{2}$$

۱۲- یک دسته اشعه موازی نور سفید بر یک منشور می‌تابد و به رنگهای مختلف تجزیه می‌شود. زاویه انحراف نور بنفش از زاویه انحراف نور قرمز بیشتر است زیرا:

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)

۱- زاویه انحراف منشور با طول موج نسبت مستقیم دارد.

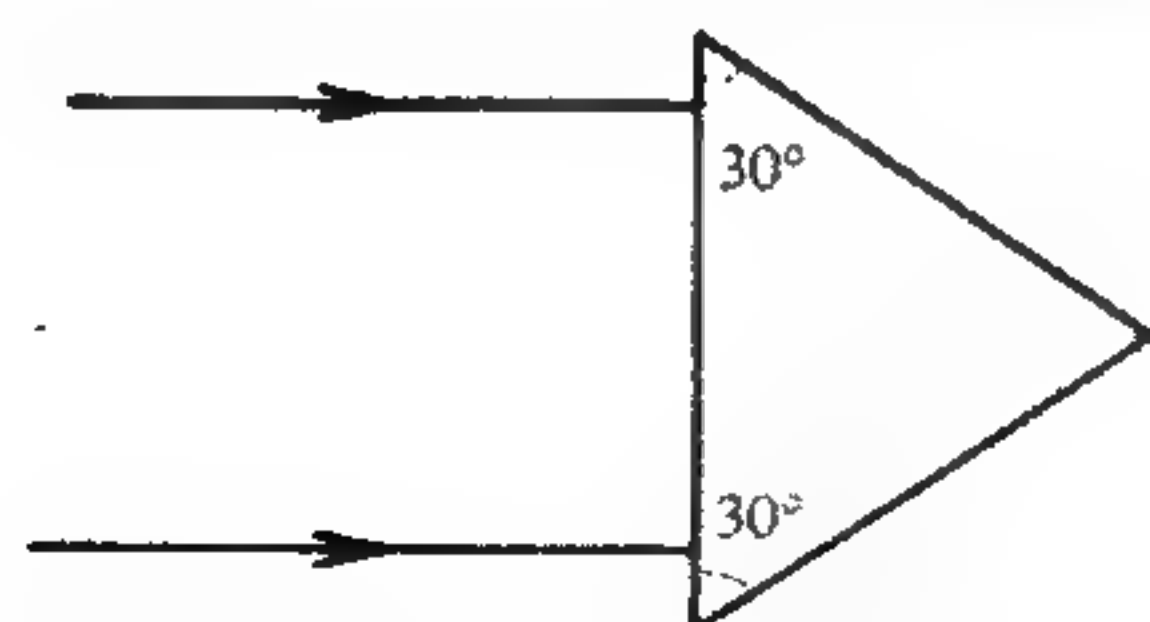
۲- ضریب شکست منشور برای نور قرمز کمتر است.

۳- ضریب شکست منشور برای نور قرمز بیشتر است.

۴- زاویه انحراف منشور با ضریب شکست نسبت معکوس دارد.

۱۳- در شکل مقابل ضریب شکست منشور برابر $\sqrt{2}$ است. زاویه بین شعاعهای خروجی A و B از منشور چند درجه است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)



$$2-30^\circ$$

$$4-90^\circ$$

$$1-\text{صفر}$$

$$3-60^\circ$$

۱۴- بر روی یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست $\sqrt{3}$ ، لایه‌ای از یک مایع به ضریب شکست مجهول n ریخته‌ایم. اگر یک شعاع نور در محیط شیشه تحت زاویه‌ای 30° درجه به فصل مشترک شیشه - مایع بتابد نور وارد محیط مایع نمی‌شود. حداکثر n چقدر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۹)

$$4-2$$

$$3-1/5$$

$$2-1/3$$

$$1-\frac{4}{3}$$

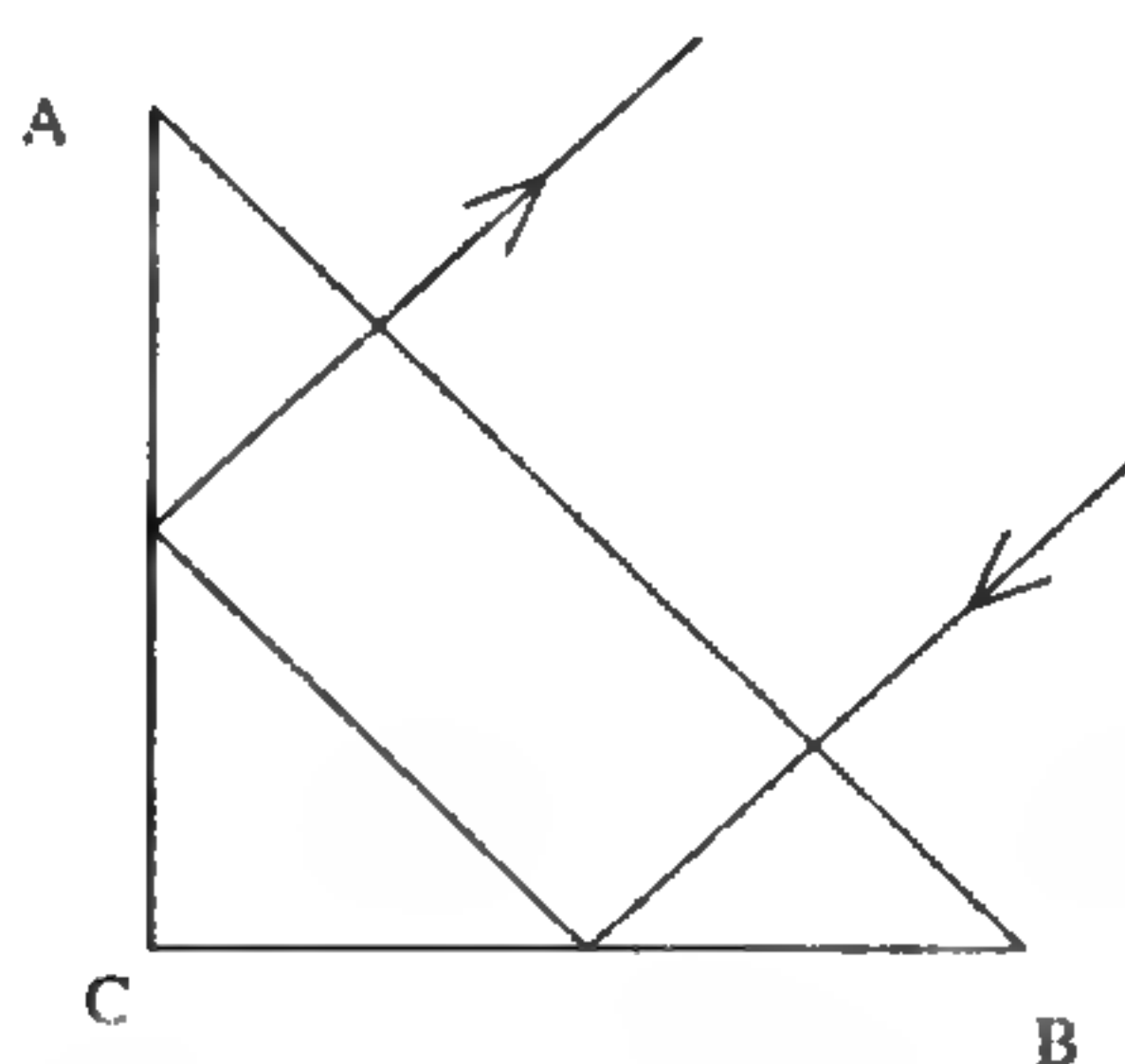
۱۵- بر روی سطح آب به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ ، لایه ضخیمی از یک روغن به ضریب شکست $\frac{3}{2}$ ریخته شده است. یک شعاع نور از یک منبع نور واقع در آب به فصل مشترک آب و روغن طوری می تابد که هیچ نوری وارد هوا نمی شود زاویه شعاع نور با این فصل مشترک مساوی است با :

$$\text{Arcsin} \frac{1}{3} - ۱ \quad \text{Arcsin} \frac{2}{3} - ۲$$

$$\text{Arcsin} \frac{1}{3} - ۴ \quad \text{Arcsin} \frac{3}{4} - ۳$$

۱۶- به ازای چه مقادیری از ضریب شکست یک منشور قائم الزاویه، پرتویی نظیر شکل زیر طی مسیر خواهد کرد. مقطع منشور یک مثلث متساوی الساقین است و پرتو به طور عمود بر AB فرود می آید ؟

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)



$$n < \sqrt{2} - ۱$$

$$n > \sqrt{2} - ۲$$

$$n < \frac{\sqrt{2}}{2} - ۳$$

$$n > \frac{\sqrt{2}}{2} - ۴$$

۱۷- یک منبع نور نقطه‌ای شکل به فاصله ۱۰ Cm از سطح مایعی به ضریب شکست $\sqrt{2}$ در داخل مایع قرار گرفته است. در نتیجه در سطح مایع ۱۰ Cm تشکیل می شود.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۲- نوار روشنی به شعاع ۱۰

۱- دایره روشنی به قطر ۱۰

۴- نوار روشنی به قطر ۱۰

۳- دایره روشنی به شعاع ۱۰

۱۸- اگر ضریب شکست یک منشور نازک با زاویه رأس کوچک برای نورهای قرمز، بنفش و زرد به ترتیب n_C و n_F و n_D و زاویه انحراف منشور برای این سه نور به ترتیب δ_C و δ_F و δ_D باشد، می توان نشان داد که :

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)

$$\frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D - 1} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} - ۲$$

$$\frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} - ۱$$

$$\frac{\delta_D - 1}{\delta_F - \delta_C} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} - ۴$$

$$\frac{\delta_D}{\delta_F - \delta_C} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} - ۳$$

۱۹- اگر به یک منشور نازک با زاویه راس کوچک α با یک شعاع نور سفید بتابد، می‌توان نشان داد که زاویه جدایی بین دو رنگ قرمز (R) و بنفش (V) از کدام رابطه بدست می‌آید؟ (کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)

$$\delta_V - \delta_R = \frac{n_V + n_R}{n_V - n_R} \alpha \quad -۱$$

$$\delta_V - \delta_R = (n_V - n_R) \alpha \quad -۲$$

۲۰- یک منشور دید مستقیم برای طول موج خاصی از دو منشور نازک به زوایای رأس α_1 و α_2 و به ضرایب شکست n_1 و n_2 تشکیل شده است به گونه‌ای که می‌توان نشان داد که

نسبت $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ مساوی است با: (کنکور کارشناسی ارشد عمران و ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

$$\frac{n_1 - 1}{n_2 - 1} \quad -۱ \quad \frac{n_2 - 1}{n_1 - 1} \quad -۲ \quad \frac{n_2 + 1}{n_1 + 1} \quad -۳ \quad \frac{n_1 + 1}{n_2 + 1} \quad -۴$$

۲۱- اگر نور از چند محیط شفاف به ضرایب شکست ... و n_3 و n_2 و n_1 عبور نموده مسافتهای ... و L_3 و L_2 و L_1 را طی کند راه نوری مربوط $[L] = \sum_{i=1}^m n_i L_i$ تعریف می‌شود در صورتی که

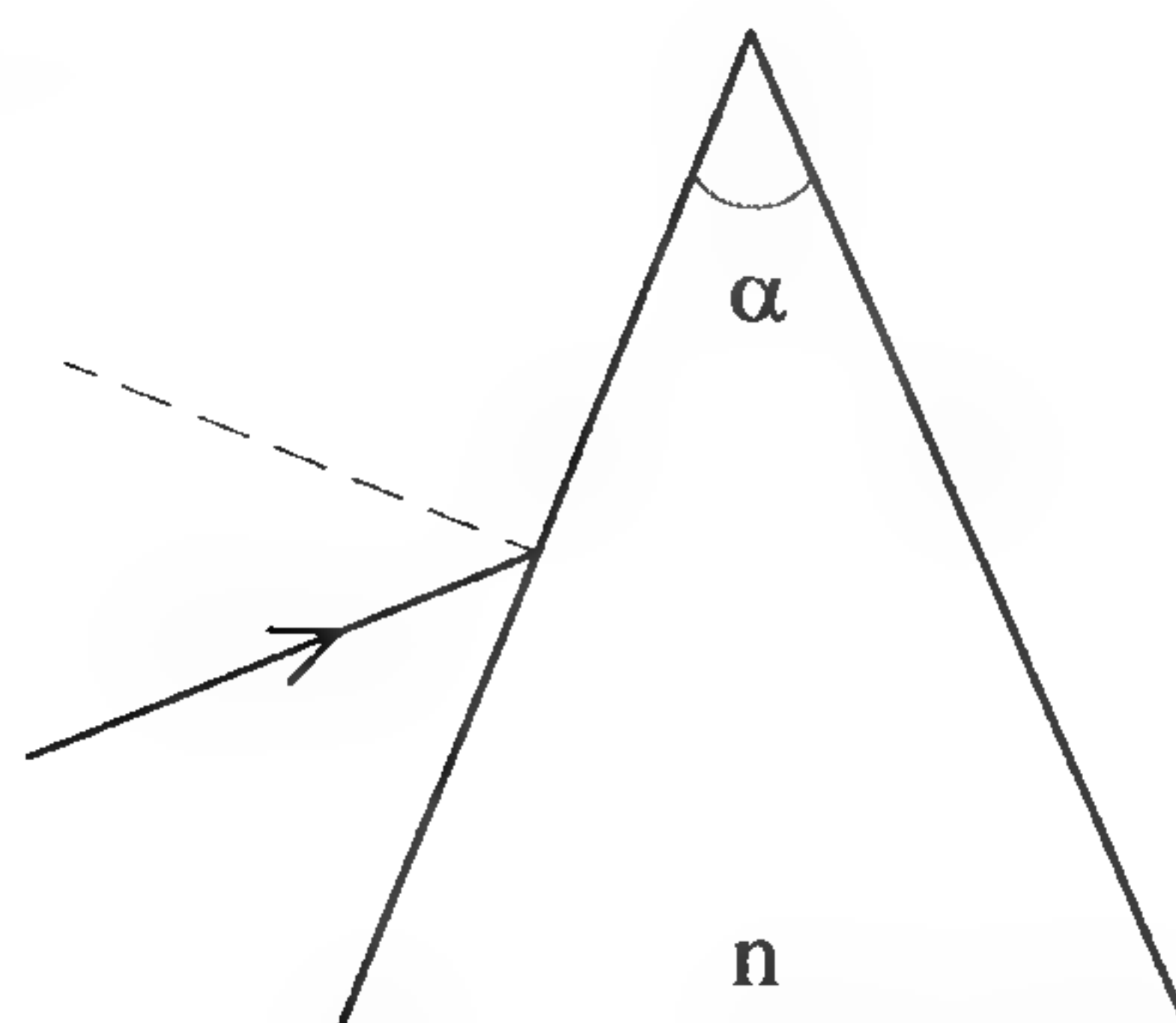
t زمان لازم برای پیمودن کل مسیر بوده C سرعت نور در خلاء باشد می‌توان نشان داد که: (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

$$[L] = C t \quad -۱ \quad [L] = \frac{C}{\sqrt{t}} \quad -۲$$

$$[L] = \frac{C}{t} \quad -۳ \quad [L] = C \sqrt{t} \quad -۴$$

۲۲- نوری به طور عمودی بر یکی از وجوه منشوری با ضریب شکست n و زاویه رأس α می‌تابد زاویه انحراف را محاسبه کنید؟

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)



$$\alpha \quad -۱$$

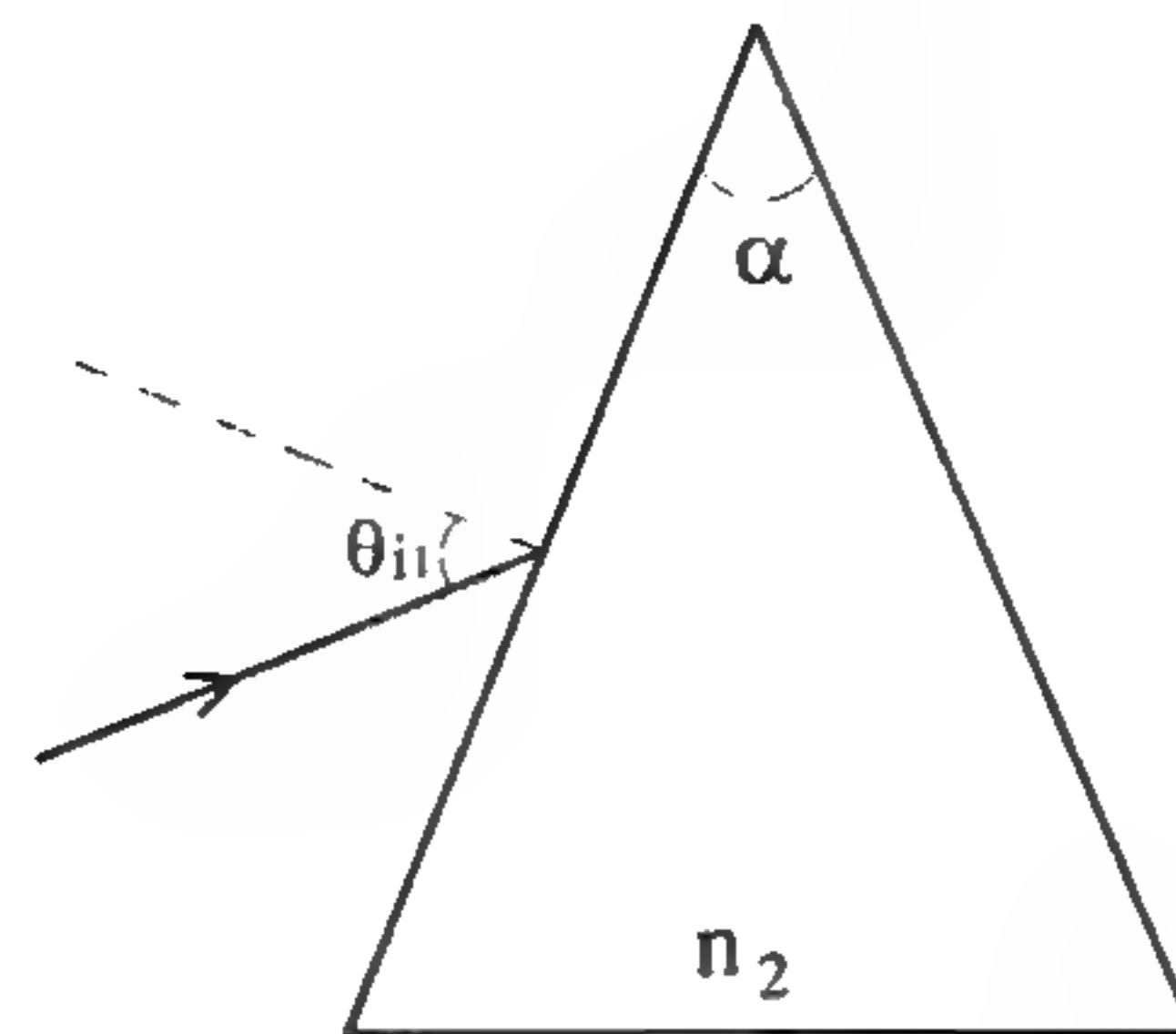
$$(n - 1) \alpha \quad -۲$$

$$(n + 1) \alpha \quad -۳$$

$$(n - 1/\alpha) \alpha \quad -۴$$

$$(n + 1/\alpha) \alpha \quad -۵$$

۲۲- نوری با زاویه تابشی $\theta_{i1} = 30^\circ$ بر روی منشوری با زاویه رأس $\alpha = 60^\circ$ می‌تابد. منشور از ماده‌ای به ضریب شکست $n_2 = 1/5$ ساخته شده و با خلاء احاطه گردیده است. زاویه انحراف نور به خاطر عبور از منشور را تعیین کنید .
(کنکور کارشناسی ارشد GRE)



۱- 30° درجه

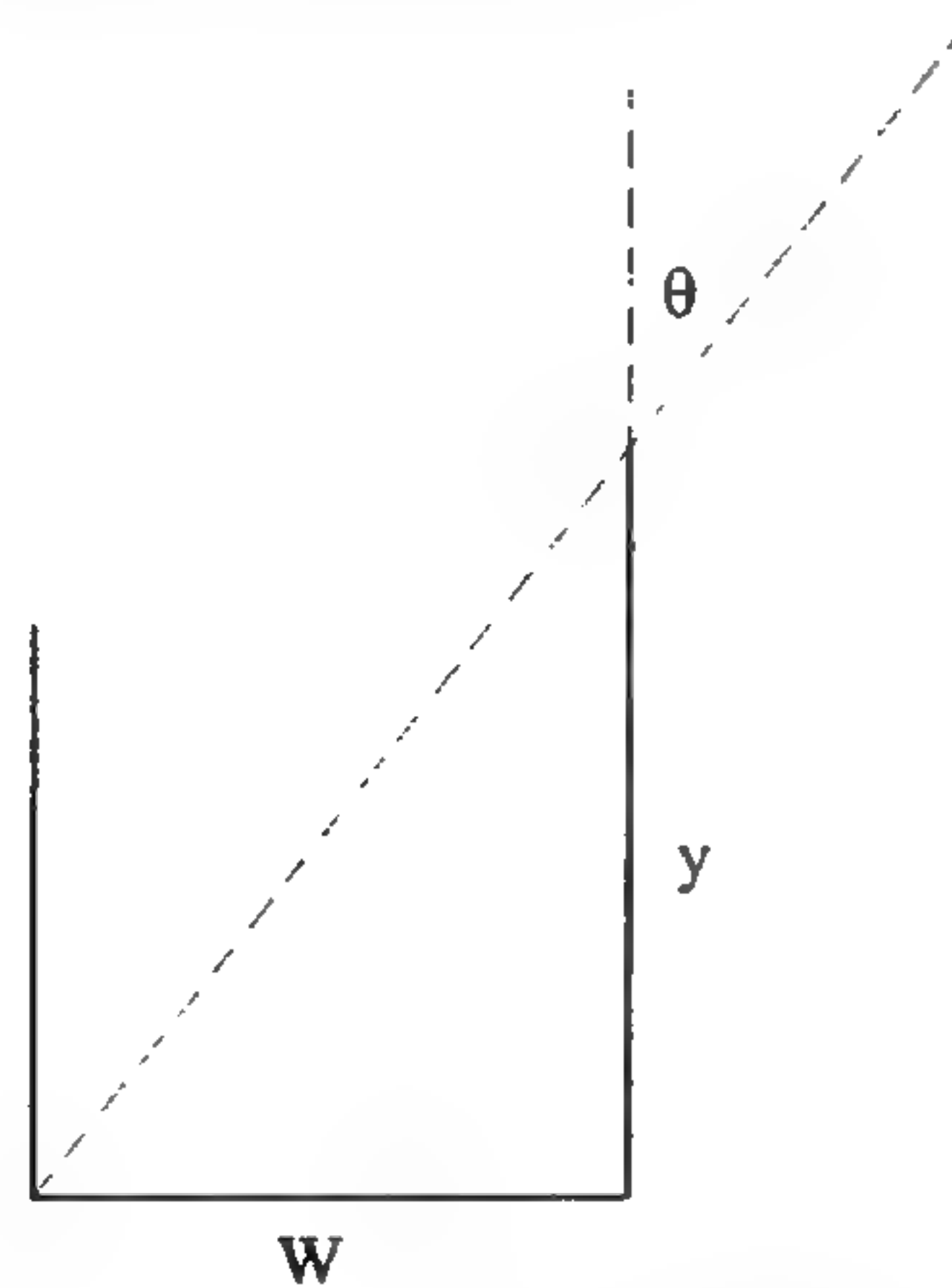
۲- 60° درجه

۳- 23° درجه

۴- 47° درجه

۵- 70° درجه

۲۴- با نگاه کردن به لیوانی خالی در راستای مسیر پرتو تحت زاویه θ مطابق شکل، گوشه چپ پایین آن را می‌بینیم حال اگر لیوانی با مایعی شفاف با ضریب شکست $n = 1/3$ پر شود وسط ته لیوان را تحت زاویه θ می‌بینیم. پهنای لیوان ۵ سانتی‌متر است ارتفاع y را بیابید .
(کنکور کارشناسی ارشد GRE)



۱- ۲/۷۳ سانتی‌متر

۲- ۵/۴۶ سانتی‌متر

۳- ۱/۳۵ سانتی‌متر

۴- ۴/۰۸ سانتی‌متر

۵- ۶/۳۳ سانتی‌متر

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)

۲۵- پایه اصلی فیزیک قانون اسنل چیست ؟

۱- اولین فرض نسبیت خاص

۲- اصل پائولی

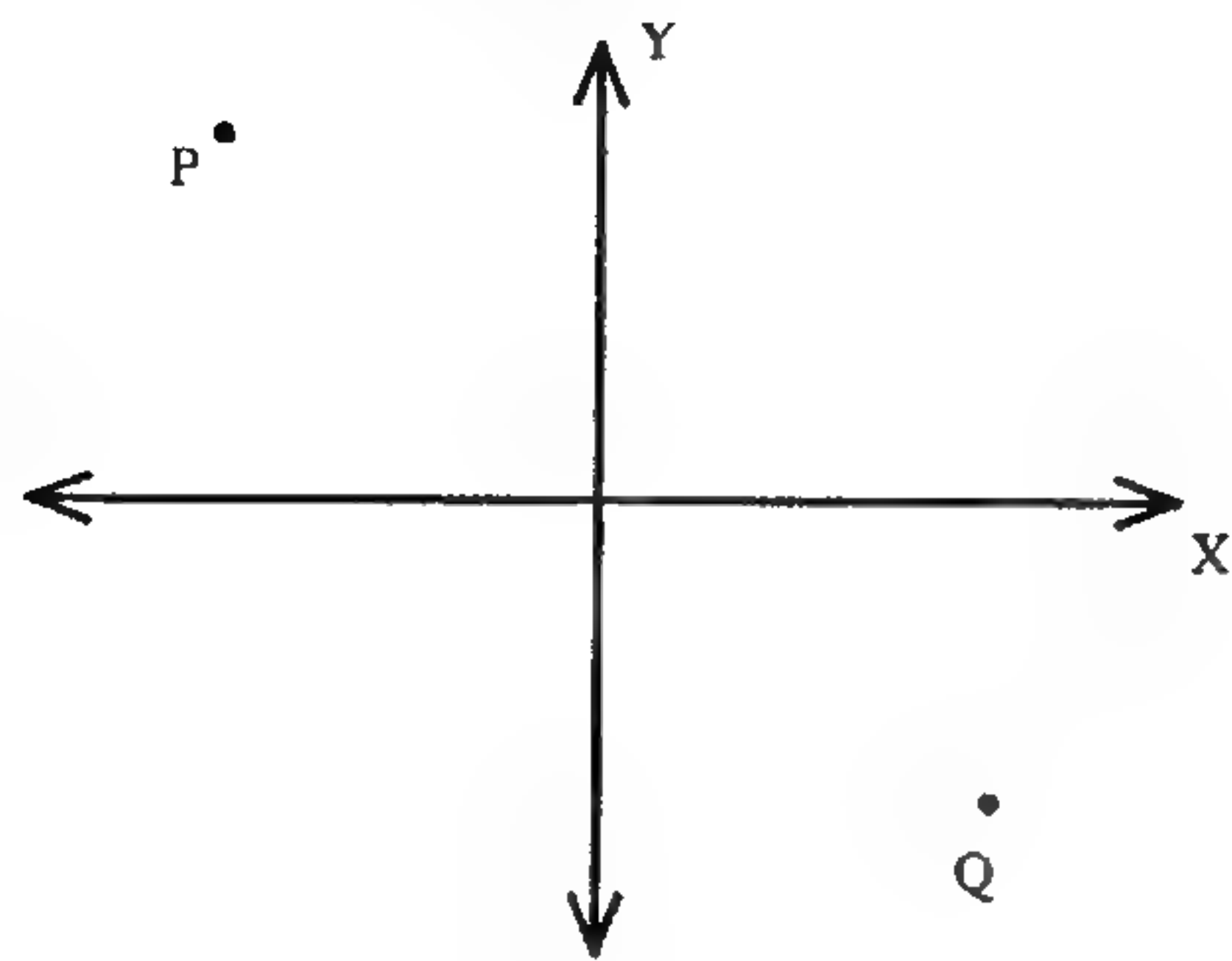
۳- اصل عدم قطعیت

۴- قانون اول نیوتن

۵- اصل کمترین زمان فرما

۲۶- کمیت انتگرایی که باید کمینه شود تا نمایانگر مسیر حرکت نور از نقطه p به Q در محیطی با ضریب شکست $n(x, y)$ باشد کدام می باشد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)



$$\int_P^Q n(x, y) dx \quad -1$$

$$\frac{1}{C} \int_P^Q \sqrt{1 + y'^2} n(x, y) dx \quad -2$$

$$\frac{1}{C} \int_P^Q \sqrt{1 + y'^2} n(x, y) dx \quad -3$$

$$\frac{1}{C} \int_P^Q n(x, y) dx \quad -4$$

$$\frac{1}{C} \int_P^Q \sqrt{x'^2 + y'^2} n(x, y) dx \quad -5$$

۱۰- ۲ پاسخهای تشریحی

(۲-۱) اگر C سرعت نور در هوا و λ_0 طول موج نور در هوا باشد و V سرعت نور و λ طول موج نور

در محیط شفاف با ضریب شکست n باشد طبق تعریف داریم :

$$n = \frac{C}{V} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

(۲-۱) بر اساس نسبیت سرعت نور در خلأ ثابت و برابر C است اما چه بر اساس نسبیت و چه بر اساس مکانیک نیوتونی سرعت نور در محیطهای متفاوت، مختلف است.

$V = \frac{C}{n}$ سرعت نور در محیطی با ضریب شکست n

$$n = 1/6 \quad \text{و} \quad V = \frac{C}{n} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{1/6} = 187500 \frac{\text{km}}{\text{s}} \quad (*-3)$$

پاسخ صحیح در میان گزینه‌ها نیست، احتمالاً منظور گزینه ۲ بوده است که یک صفر کم دارد.

$$n = \frac{C}{V} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = 1/5 \quad \text{ضریب شکست شیشه} \quad (2-4)$$

$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$ طول موج در شیشه و λ_0 طول موج نور در هوا

$$390 \text{ A}^\circ < \lambda_0 < 690 \text{ A}^\circ \Rightarrow \frac{3900}{n} \text{ A}^\circ < \frac{\lambda_0}{n} < \frac{6900}{n} \text{ A}^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{3900}{1/5} \text{ A}^\circ < \lambda_n < \frac{6900}{1/5} \text{ A}^\circ \Rightarrow 2600 \text{ A}^\circ < \lambda_n < 4600 \text{ A}^\circ$$

$$\lambda_0 \cdot v = C \Rightarrow \text{فرکانس } v = \frac{C}{\lambda_0} \quad (1-5)$$

نور مسافت ۲۰ متر را در گلیسیرین با $n_1 = 1/5$ در مدت t_1 طی می‌کند.

$$\lambda_1 v = v_1 \Rightarrow \lambda_1 v t_1 = v_1 t_1 = 20 \text{ متر}$$

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n_1} = \frac{\lambda_0}{1/5} \Rightarrow \frac{\lambda_0 v t_1}{1/5} = 20$$

نور مسافت ۲۰ متر را در دی سولفید کربن با $n_2 = 1/6$ در مدت t_2 طی می‌کند.

$$\frac{\lambda_0 v t_2}{1/6} = 20$$

$$\Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{20(1/6) - 20(1/5)}{\lambda_0 v} = \frac{20(1/6) - 20(1/5)}{c}$$

$$= \frac{20 \times (0/1)}{3 \times 10^8} = \frac{2}{3} \times 10^{-8} \text{ s}$$

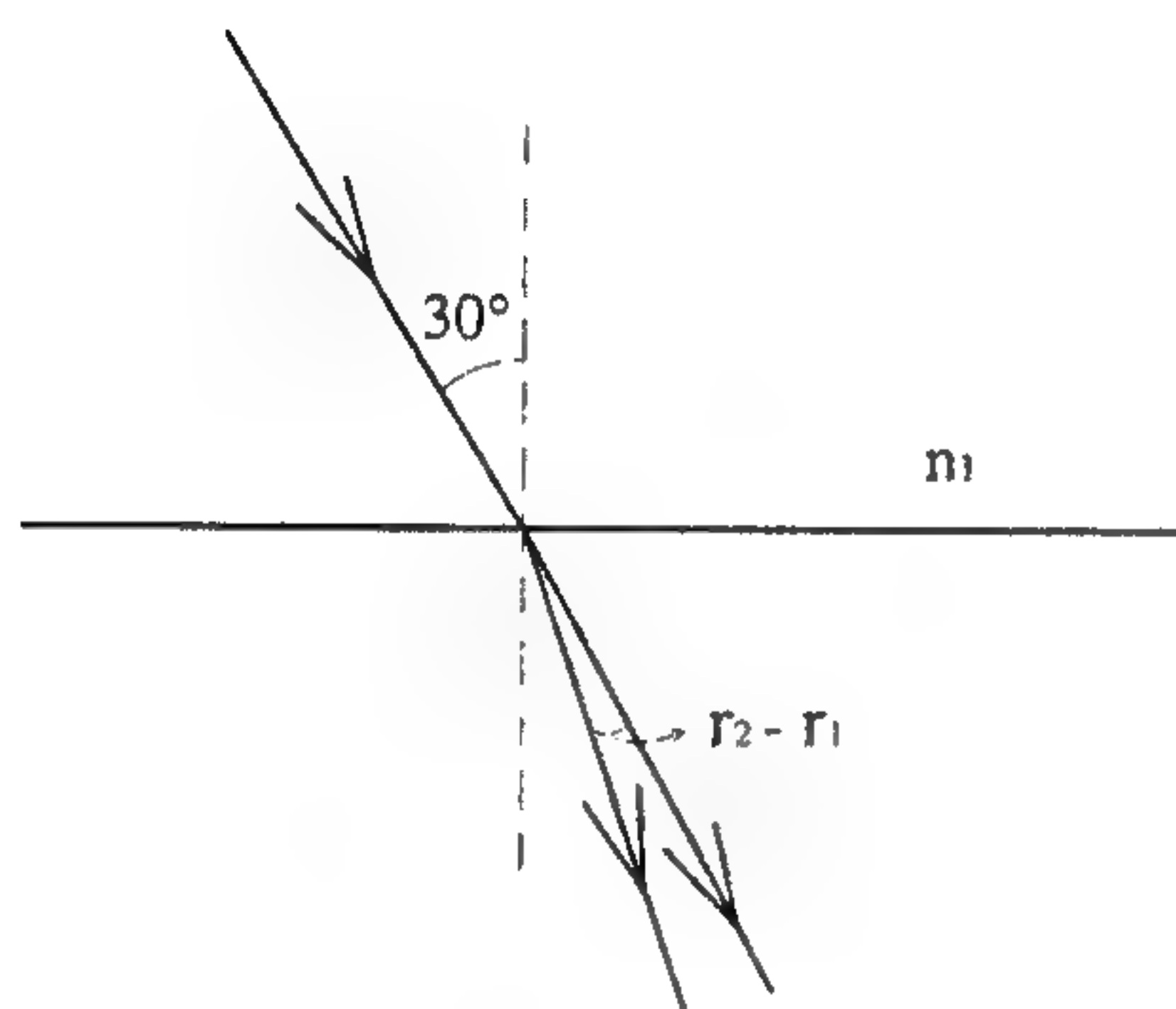
۳-۶) v ثابت است پس $h v$ ثابت است اما $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ ، بنابراین λ از λ_0 یعنی طول موج در هوا، کمتر است.

۲-۷) $V = \frac{C}{n}$ سرعت نور در محیط n

$V' = \frac{C}{n'} = \frac{C}{n} \frac{n}{n'} = V \frac{n}{n'}$ سرعت نور در محیط n'

l مسافت طی شده در محیط n و l' مسافت طی شده در محیط n' است بنابراین :

$$t = \frac{l}{v} + \frac{l'}{v'} = \frac{l}{v} + \frac{l'}{v(\frac{n}{n'})} = \frac{1}{v} (l + \frac{n'}{n} l')$$



۴-۸) $\lambda_1 = 400 \text{ nm} \Rightarrow n_1 = 1/470.2$

$\lambda_2 = 500 \text{ nm} \Rightarrow n_2 = 1/462.4$

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 30^\circ}{\sin r_1} = \frac{1/470.2}{1/462.4} \Rightarrow r_1 = 19.8823^\circ$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin r_2} = \frac{1/462.4}{1} \Rightarrow r_2 = 19.9929^\circ \Rightarrow r_2 - r_1 = 0.11^\circ$$

۹-۱) چون در ورود و خروج هوا را داریم و زاویه تابش (ورودی) $i = 90^\circ - 60^\circ$ است، زاویه نهایی خروجی نیز 30° است. چون پرتو خروجی با پرتو ورودی موازی است.

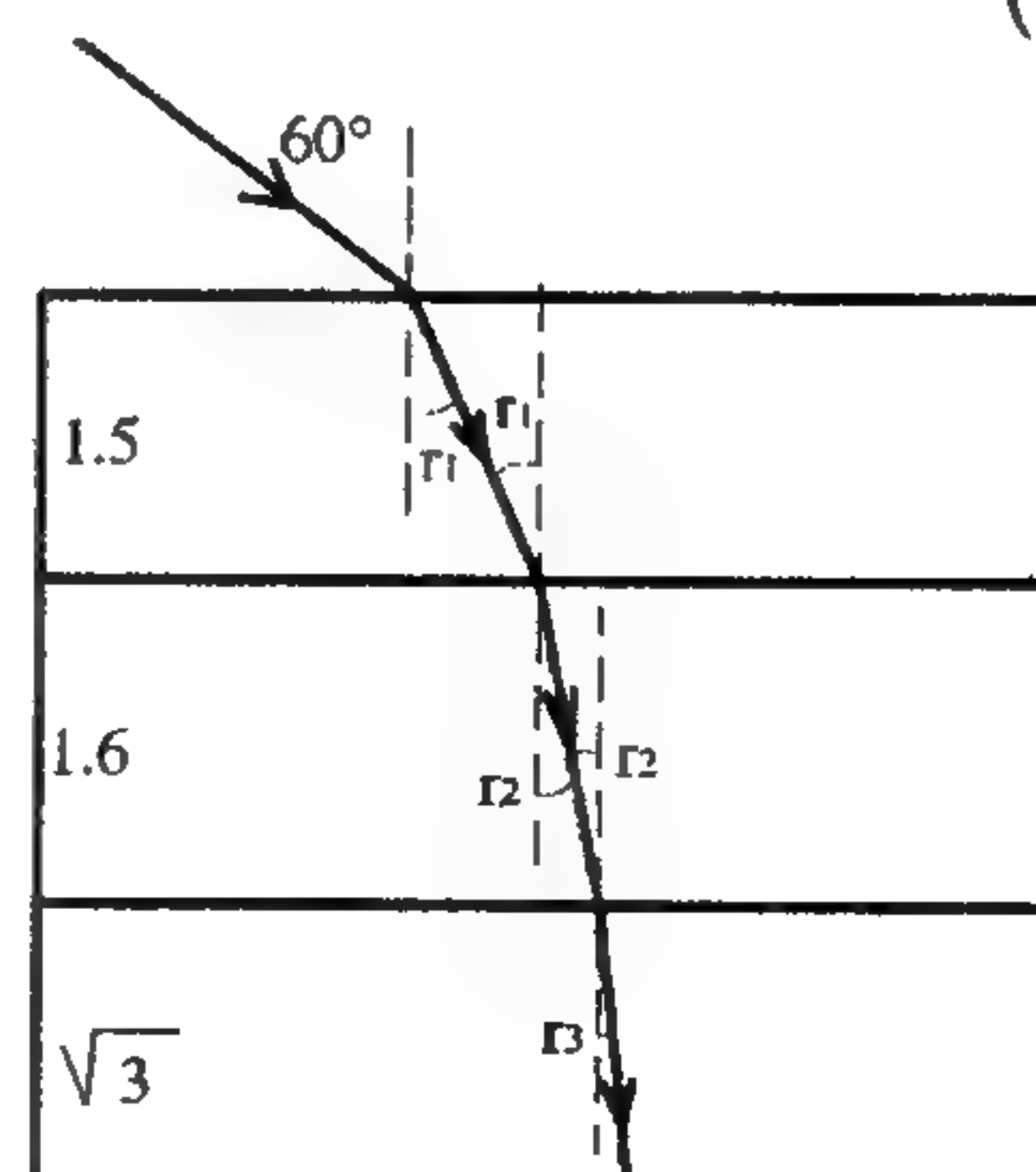
$$1 \times \sin 60^\circ = \sin r_1 = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{1/5} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$1/5 \sin r_1 = 1/6 \sin r_2 \Rightarrow \sin r_2 = \frac{1/5}{1/6} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} \right)$$

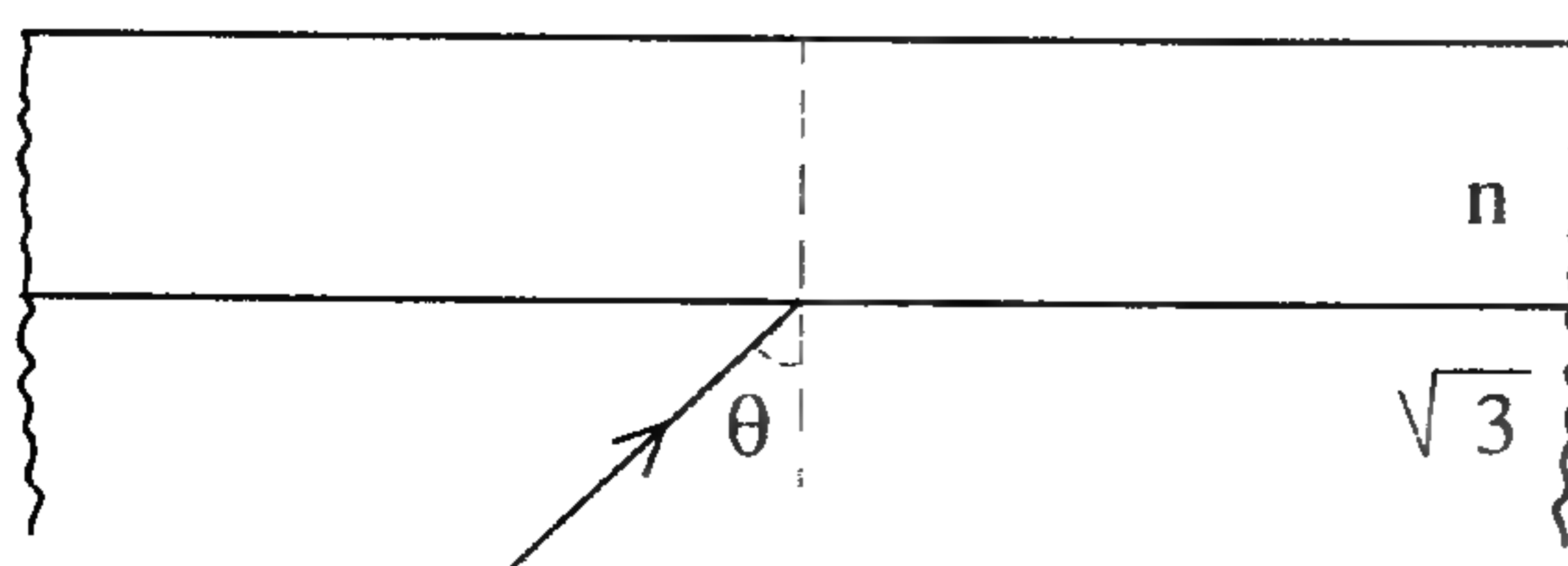
$$1/6 \sin r_2 = \sqrt{3} \sin r_3 \Rightarrow \sin r_3 = \left(\frac{1/6}{\sqrt{3}} \right) \left(\frac{1/5}{1/6} \right) \left(\frac{\sqrt{3}}{3} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow r_3 = 30^\circ$$

(۱-۱۰)



۱۱-۴) برای آن که نور وارد مایع نشود زاویه تابش باید بزرگتر از زاویه حد باشد.

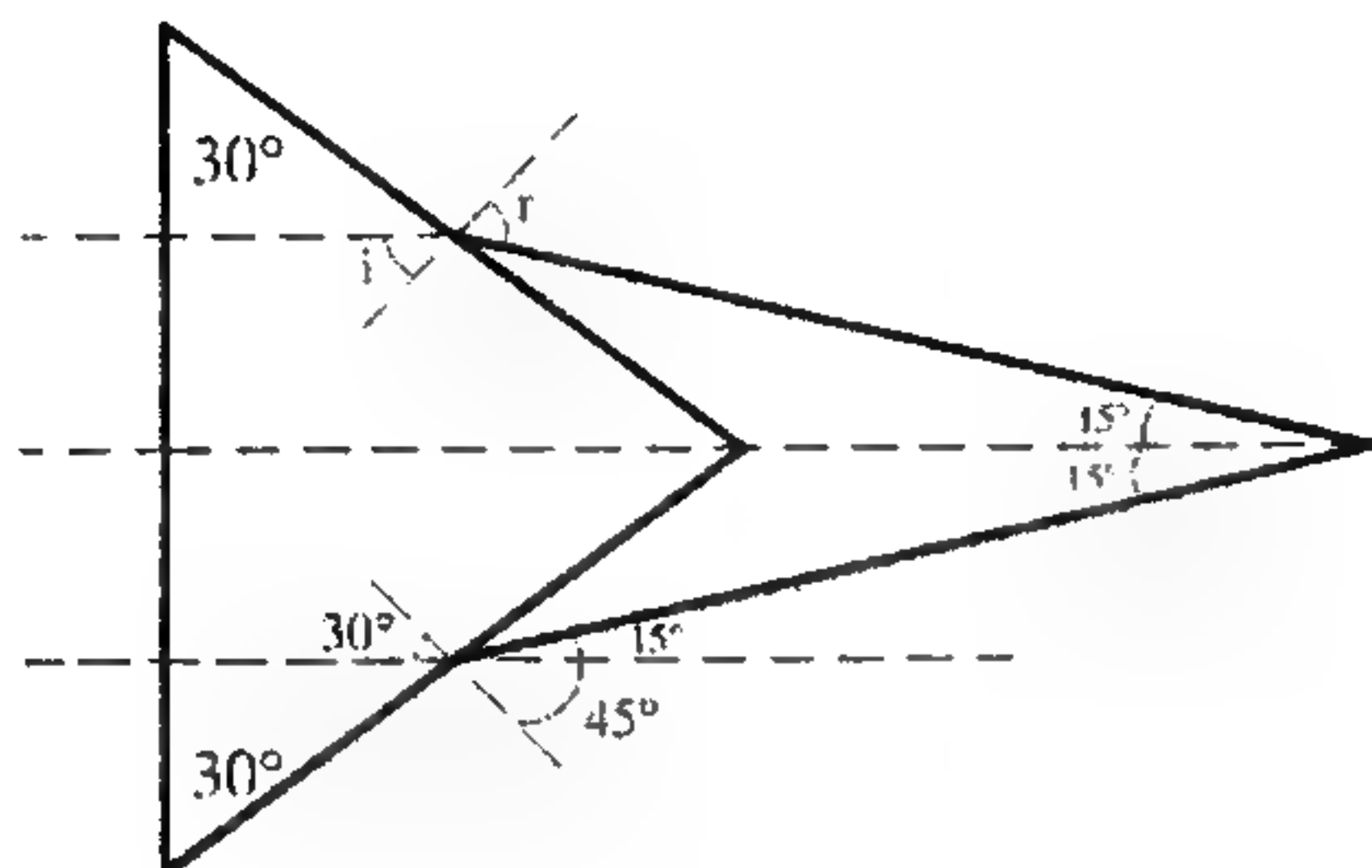


$$\sqrt{3} \sin \theta_c = n \sin 90 \Rightarrow n = \sqrt{3} \sin \theta_c$$

چون می‌خواهیم $\theta > 60$ باشد بنابراین $\theta_c > 60$ بنابراین:

$$n \geq \sqrt{3} \sin 60 = \sqrt{3} \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3}{2}$$

(۲-۱۲)



(۲-۱۳) با توجه به شکل می‌دانیم

که پرتو فرودی عمود بر وجه منشور

است در نتیجه بدون شکست وارد

می‌شود و با زاویه $i = 90 - 60 = 30$

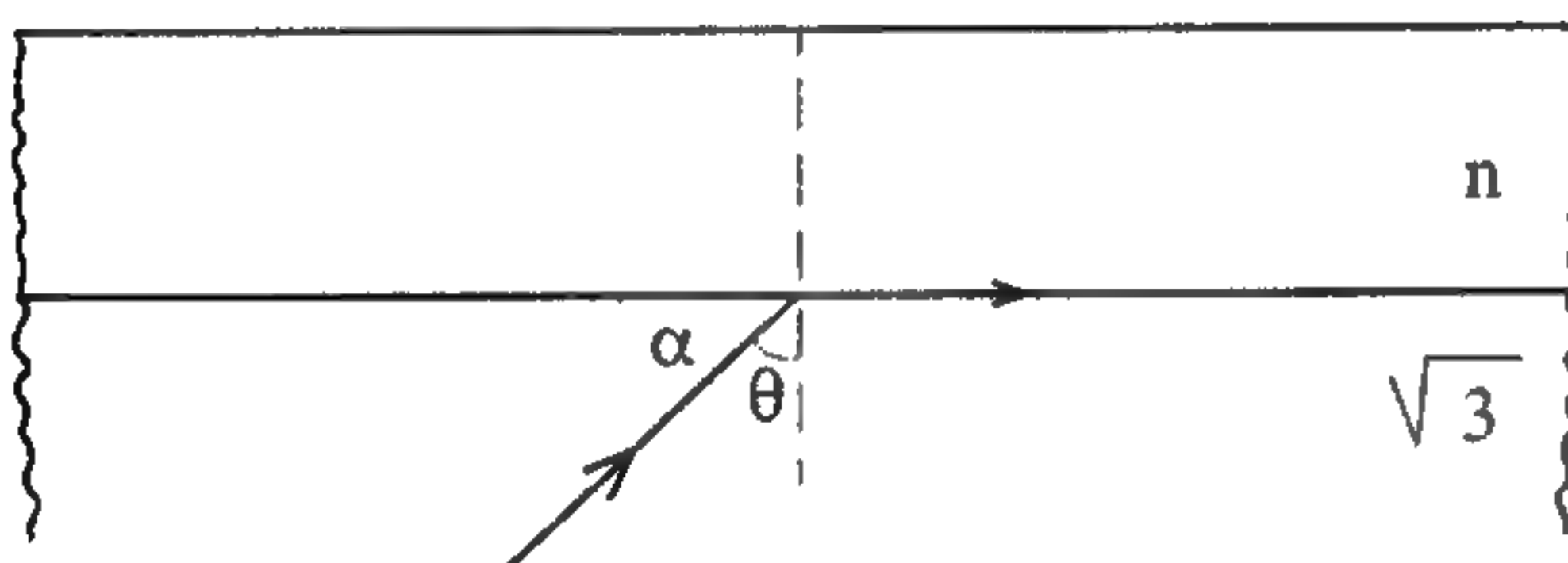
به وجه مقابل برخورد نموده و با زاویه r خارج می‌شود.

$$\sin r = n \sin i = \sqrt{3} \sin 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow r = 45^\circ$$

$$45^\circ - 30^\circ = 15 \Rightarrow 15^\circ \times 2 = 30^\circ$$

(۳-۱۴)

$$\theta = 90 - 30 = 60^\circ$$



برای آنکه نور وارد محیط n نشود باید $\theta_c > 60$ باشد.

$$\sqrt{3} \sin \theta_c = n \sin 90 = n \times 1$$

$$\Rightarrow \sin \theta_c = \frac{n}{\sqrt{3}}$$

$$\theta_c < 60 \Rightarrow \sin \theta_c < \sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{n}{\sqrt{3}} < \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow n < \frac{3}{2} = 1.5$$

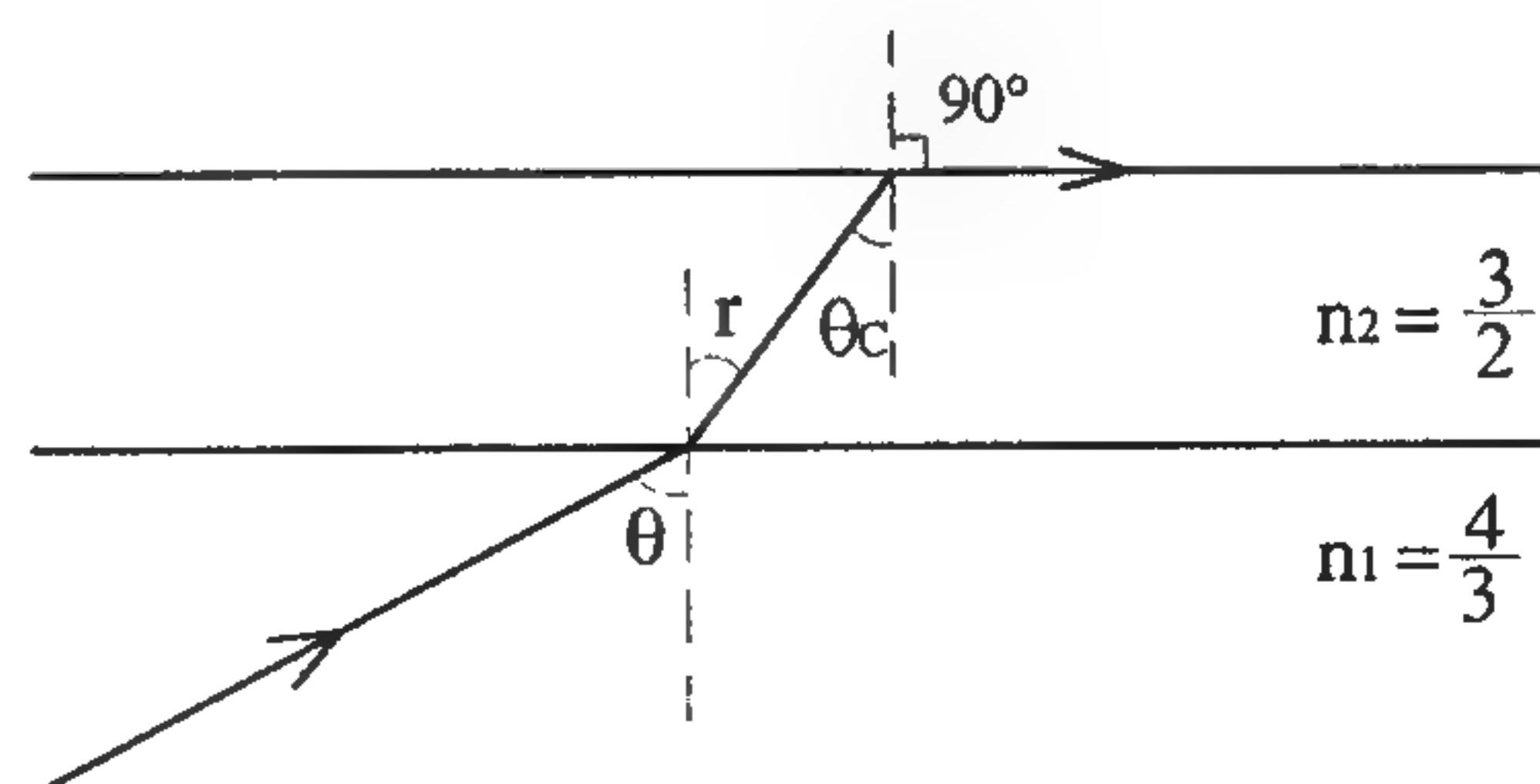
(۳-۱۵) چون نور وارد هوا نمی‌شود پس زاویه تابش نور به سطح روغن - هوا باید حداقل برابر زاویه

حد باشد.

$$n_r \sin \theta_c = 1 \times \sin 90 \Rightarrow \sin \theta_c = \frac{1}{n_r} = \frac{2}{3}$$

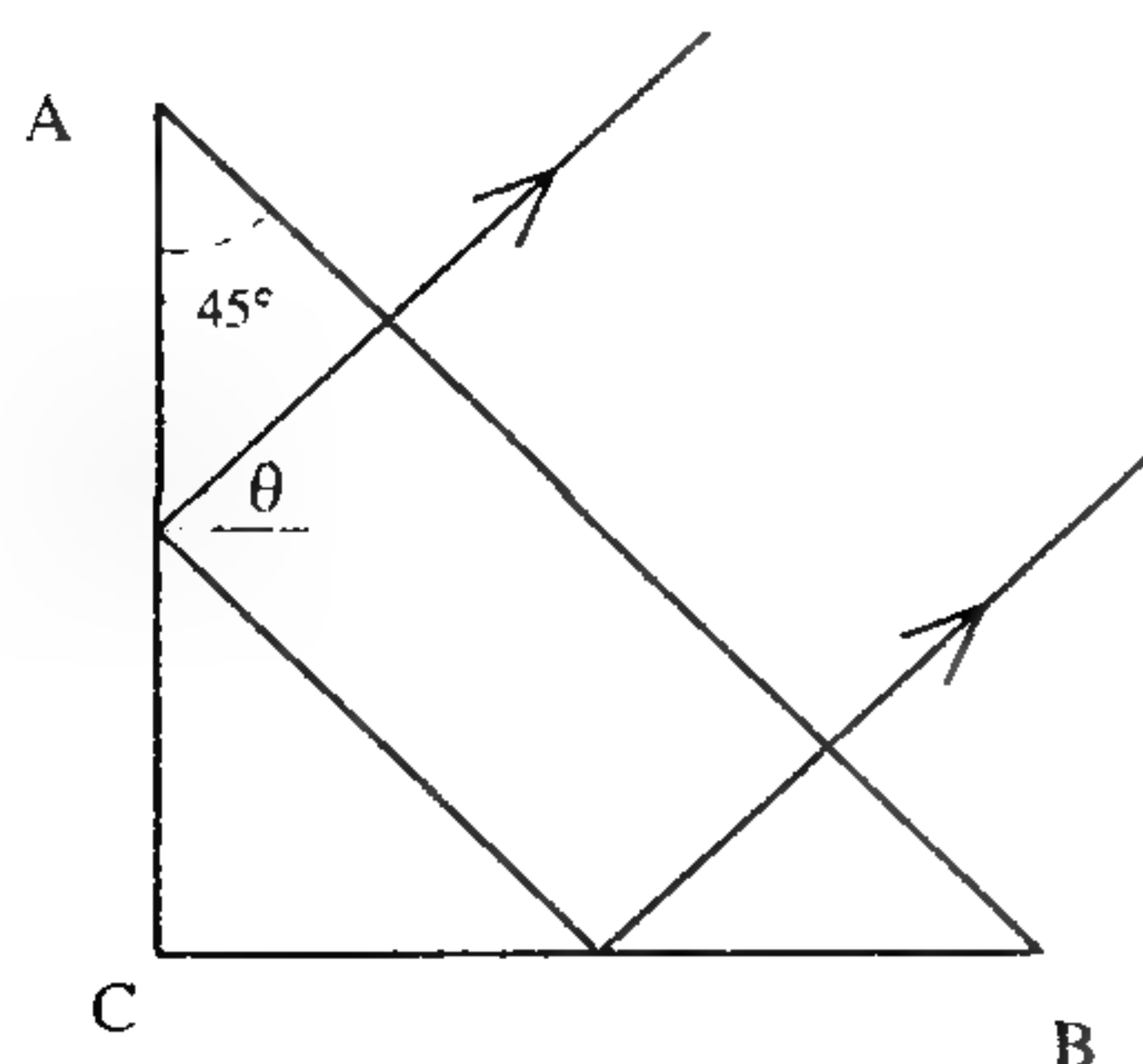
$$n_1 \sin \theta = n_r \sin r = n_r \sin \theta_c = 1$$

$$\frac{4}{3} \sin \theta = 1 \Rightarrow \theta = \text{Arcsin} \frac{3}{4}$$



(۲-۱۶) با توجه به آن که مقطع منشور متساوی‌الساقین

و قائم‌الزاویه است پس $\hat{A} = \hat{B} = 45^\circ$ و در نتیجه چون



پرتو عمود بر AB تابیده و عمود وارد منشور می‌شود :

$$\theta = 45^\circ$$

\Rightarrow برای بازتاب داخلی $\theta > \theta_c = \sin^{-1} \frac{1}{n}$ زاویه حد

$$\Rightarrow \sin \theta = \sin 45^\circ > \sin \theta_c = \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} > \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow n > \sqrt{2}$$

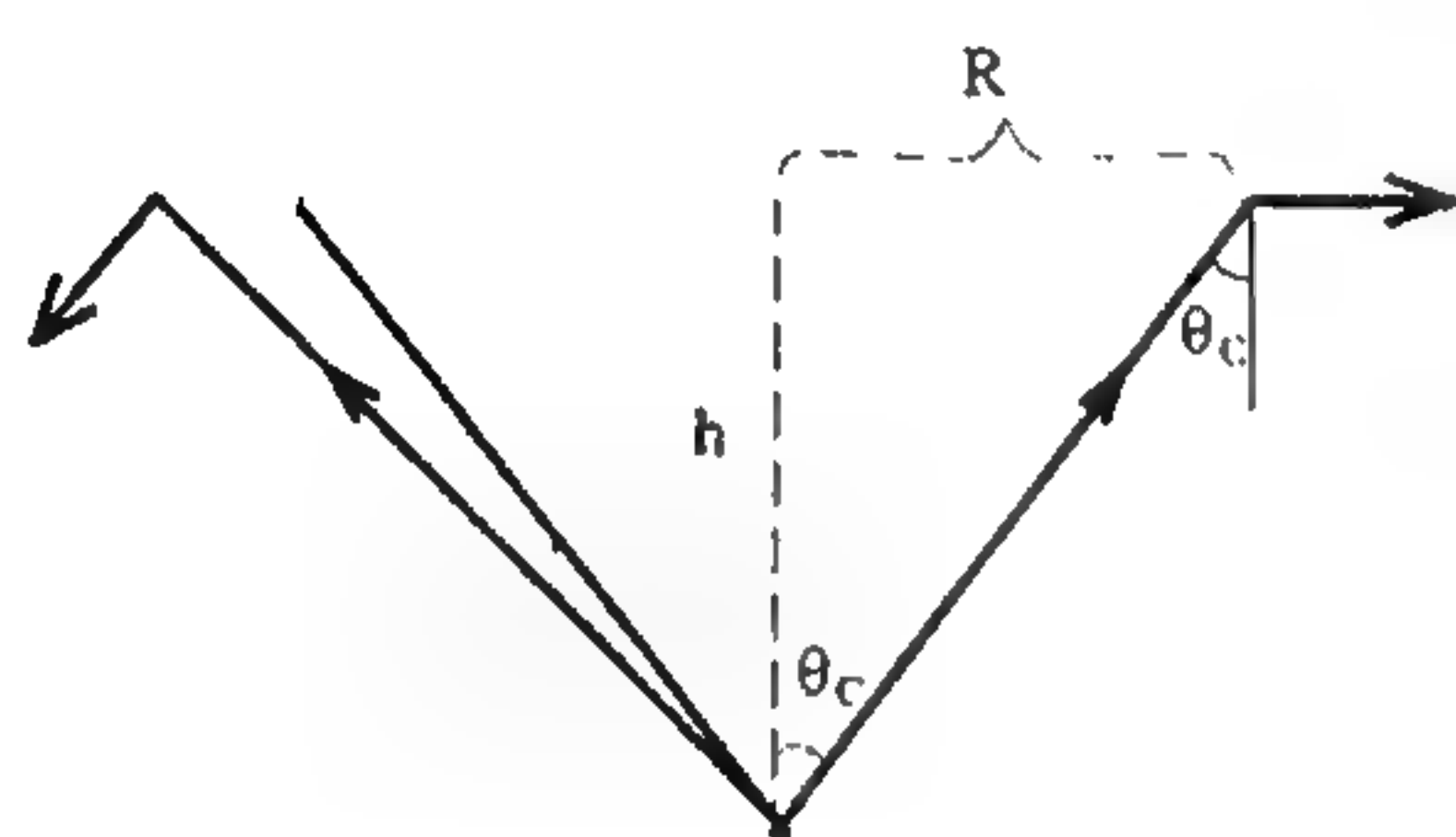
(۳-۱۷) $n = \sqrt{2}$ و $h = 10 \text{ Cm}$ عمق واقعی

پرتوهای با $\theta > \theta_c$ به داخل آب بازتاب داخلی پیدا می‌کنند.

$$n \sin \theta_c = 1 \times \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_c = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \theta_c = 45^\circ$$

$$R = h \tan 45^\circ = h = 10 \text{ Cm}$$

بنابراین ناحیه‌ای که نور خارجی می‌شود دایره‌ای به شعاع ۱۰ Cm است.



(۱-۱۸) α زاویه رأس منشور و $\delta = (n - 1) \alpha$ زاویه انحراف

$$\delta_C = (n_C - 1) \alpha \quad \text{و} \quad \delta_F = (n_F - 1) \alpha \quad \text{و} \quad \delta_D = (n_D - 1) \alpha$$

$$\frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D} = \frac{(n_F - 1)\alpha - (n_C - 1)\alpha}{(n_D - 1)\alpha} = \frac{n_F - n_C}{(n_D - 1)}$$

$$\delta = (n - 1) \alpha \quad \text{زاویه انحراف}$$

(۴-۱۹)

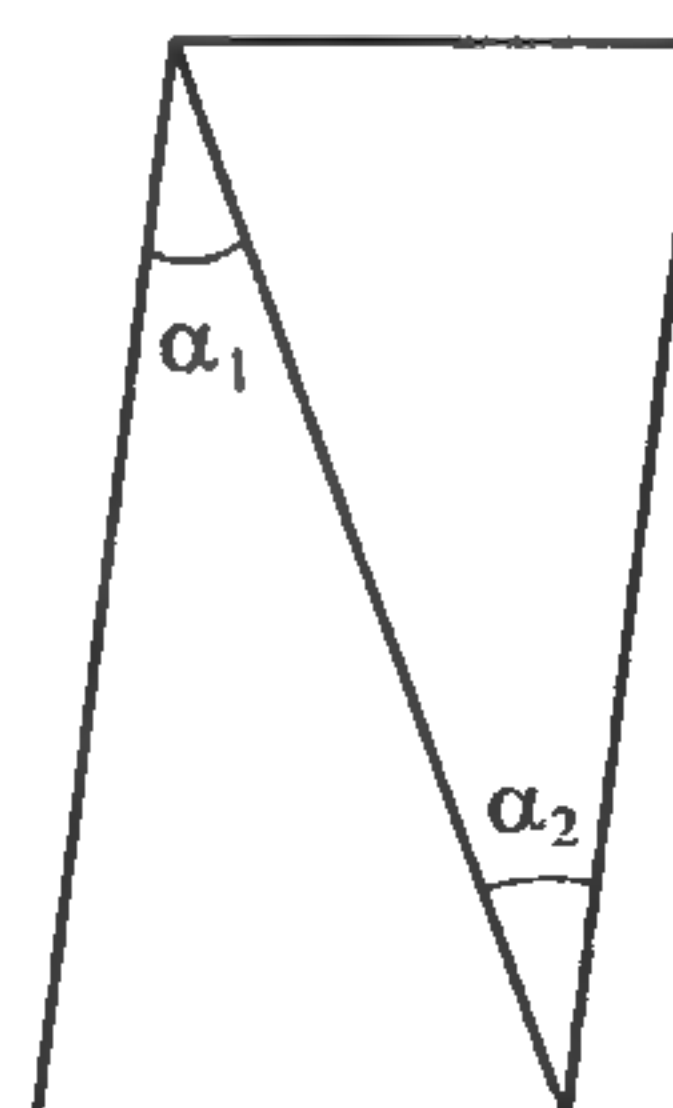
$$\delta_V = (n_V - 1)\alpha \quad \Rightarrow \quad \delta_V - \delta_R = (n_V - n_R)\alpha$$

$$\delta_R = (n_R - 1)\alpha$$

(۱-۲۰) دو منشور نازک به گونه‌ای به هم چسبیده‌اند که هر یک انحراف ناشی از دیگری را خنثی و

پرتو نهایتاً به مسیر اولیه بر می‌گردد.

$$\begin{cases} \delta_1 = (n_1 - 1)\alpha_1 \\ \delta_2 = (n_2 - 1)\alpha_2 \end{cases} \quad \delta_1 = \delta_2 \Rightarrow \frac{(n_1 - 1)}{(n_2 - 1)} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$



(۱-۲۱) همان گونه که در متن خلاصه درس اثبات شد راه نوری مسافتی است که نور در همان

مدت زمان t (زمانی که از محیط‌های شفاف عبور کرده است) در خلأ طی می‌کند $[L] = ct$. به عبارتی

اگر مسافت L_1 را در زمان t_1 و L_2 را در t_2 و ... با سرعت‌های V_1 و V_2 و ... طی کرده باشد.

$$[L] = \sum_{i=1}^m n_i L_i = \sum_{i=1}^m n_i v_i t_i = \sum_{i=1}^m n_i \frac{c}{n_i} t_i = c \sum_{i=1}^m t_i$$

$$= c (t_1 + t_2 + \dots) = ct$$

(۲-۲۲)

$$\alpha = 60^\circ \quad \theta_{i1} = 30^\circ \quad n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

(۴-۲۳)

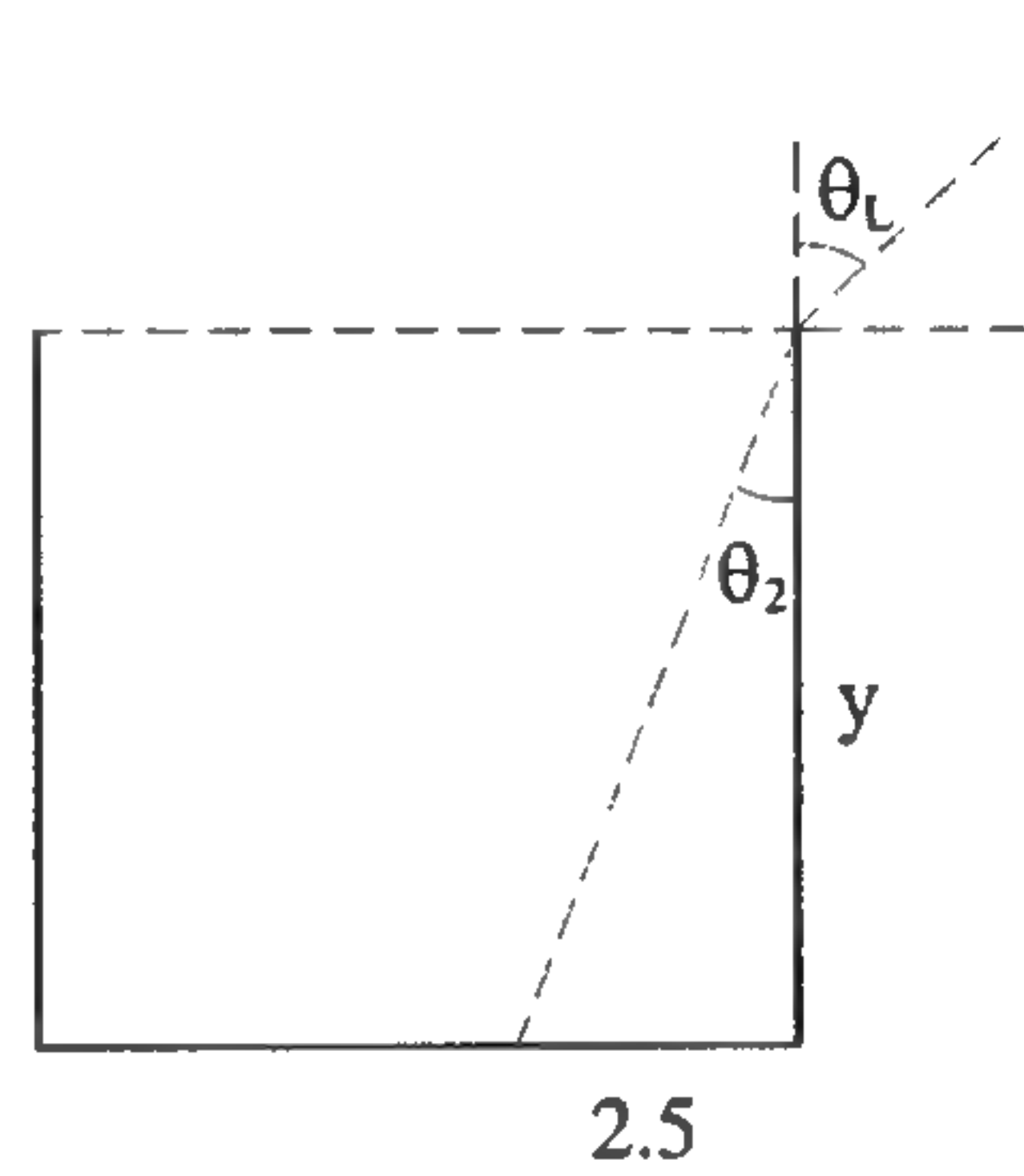
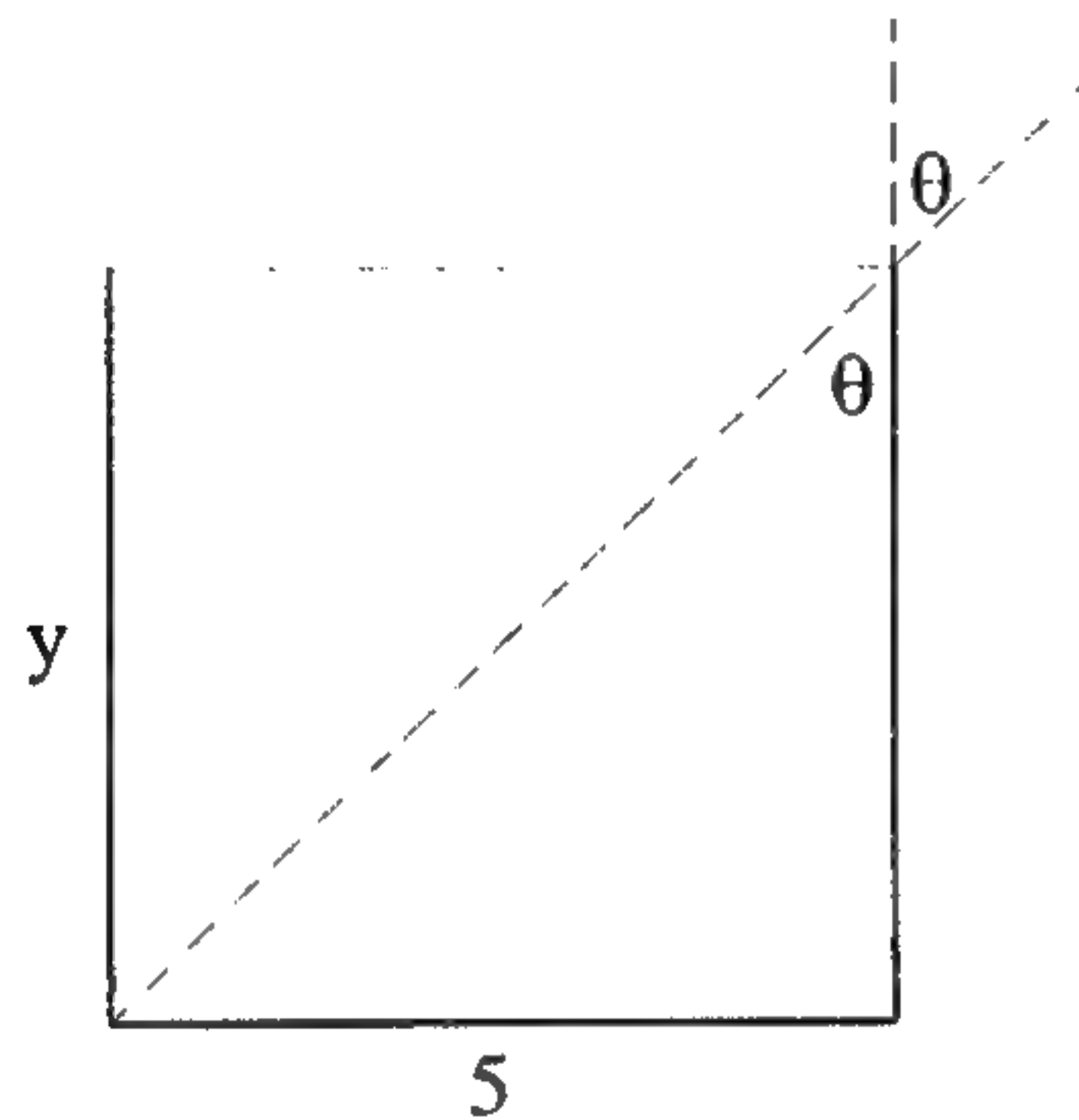
$$1 \times \sin 30^\circ = 1/5 \sin \theta_r \Rightarrow \theta_{r1} = 19/47^\circ$$

$$\alpha = \theta_{r1} + \theta_{i2} \Rightarrow \theta_{i2} = 60 - 19/47 = 40/53^\circ$$

$$1/5 \sin 40/53 = \sin \theta_r \Rightarrow \theta_{r2} = 77/10^\circ$$

$$\delta = (\theta_{i1} - \theta_{r1}) + (\theta_{r2} + \theta_{i1}) = \theta_{ir} + \theta_{r1} - \alpha = 30 + 77/10 - 60 = 47/10^\circ$$

(۱-۲۴)



$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \quad 1 \times \frac{5}{\sqrt{y^2 + 25}} = 1/3 \times \frac{2/5}{\sqrt{y^2 + 6/25}}$$

$$2/31 \sqrt{y^2} = 17/25 \Rightarrow y = 2/73 \text{ Cm}$$

$$A = \int \frac{ds}{v} \quad \text{انتگرال عمل}$$

(۵-۲۵)

$$A = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} = \frac{n_1 L_1}{c} + \frac{n_2 L_2}{c} = \frac{n_1}{c} \sqrt{a^2 + x^2} + \frac{n_2}{c} \sqrt{b^2 + (d-x)^2}$$

$$\frac{dA}{dx} = 0 \Rightarrow n_1 \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = n_2 \frac{d-x}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}$$

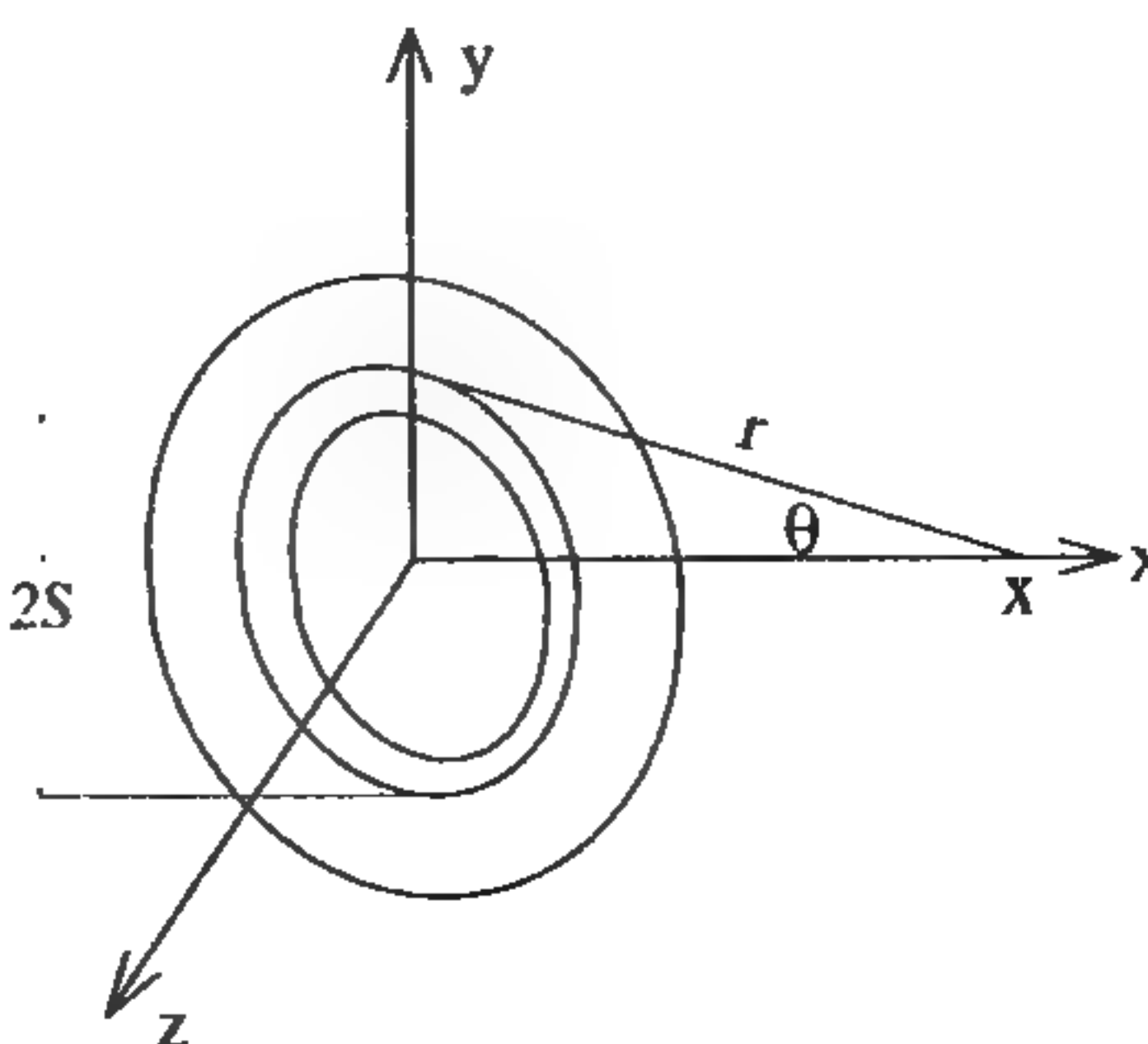
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$A = \int \frac{ds}{v} \quad n = \frac{c}{v}$$

(۲-۲۶)

$$A = \frac{1}{C} \int n(x, y) \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} \Rightarrow A = \frac{1}{C} \int_P^Q \sqrt{1 + y'^2} n(x, y) dx \quad 2s$$



[illegible]

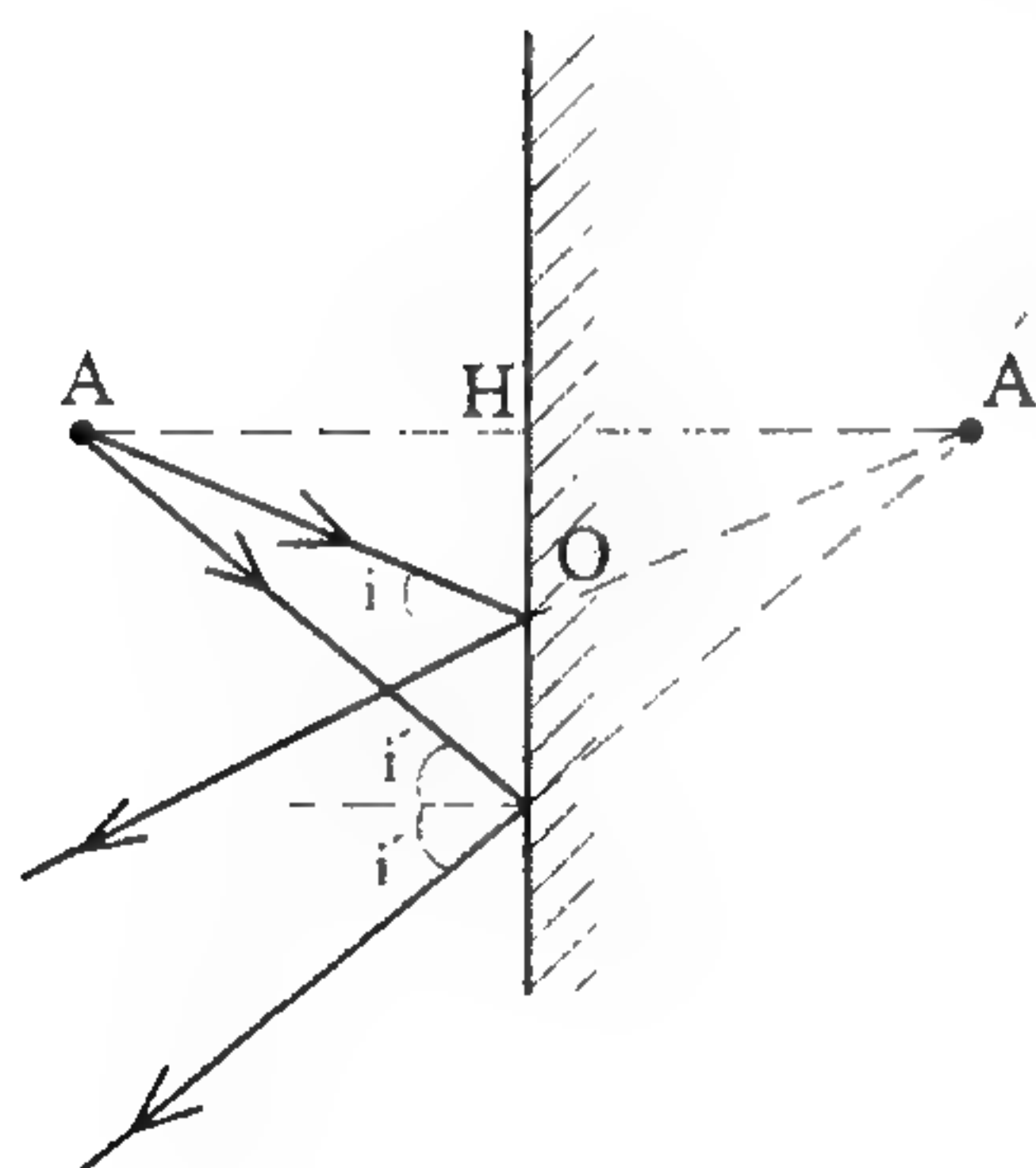
فصل سوم

بازتابش و شکست، امواج کروی و سطوح کروی

۱-۳ امواج کروی - آینه تخت

تصویر شیء O را در آینه تخت می‌توان بر اساس بازتاب دو پرتو آمده از جسم به دست آورد. این دو پرتو پس از بازتاب از آینه به گونه‌ای از یکدیگر دور می‌شوند که گویا از نقطه‌ای در پشت آینه آمده‌اند.

خصوصیات تصویر یک جسم (جسم حقیقی) در آینه تخت عبارت است از :



الف) فاصله جسم تا آینه برابر فاصله تصویر تا آینه $AH = A'H$

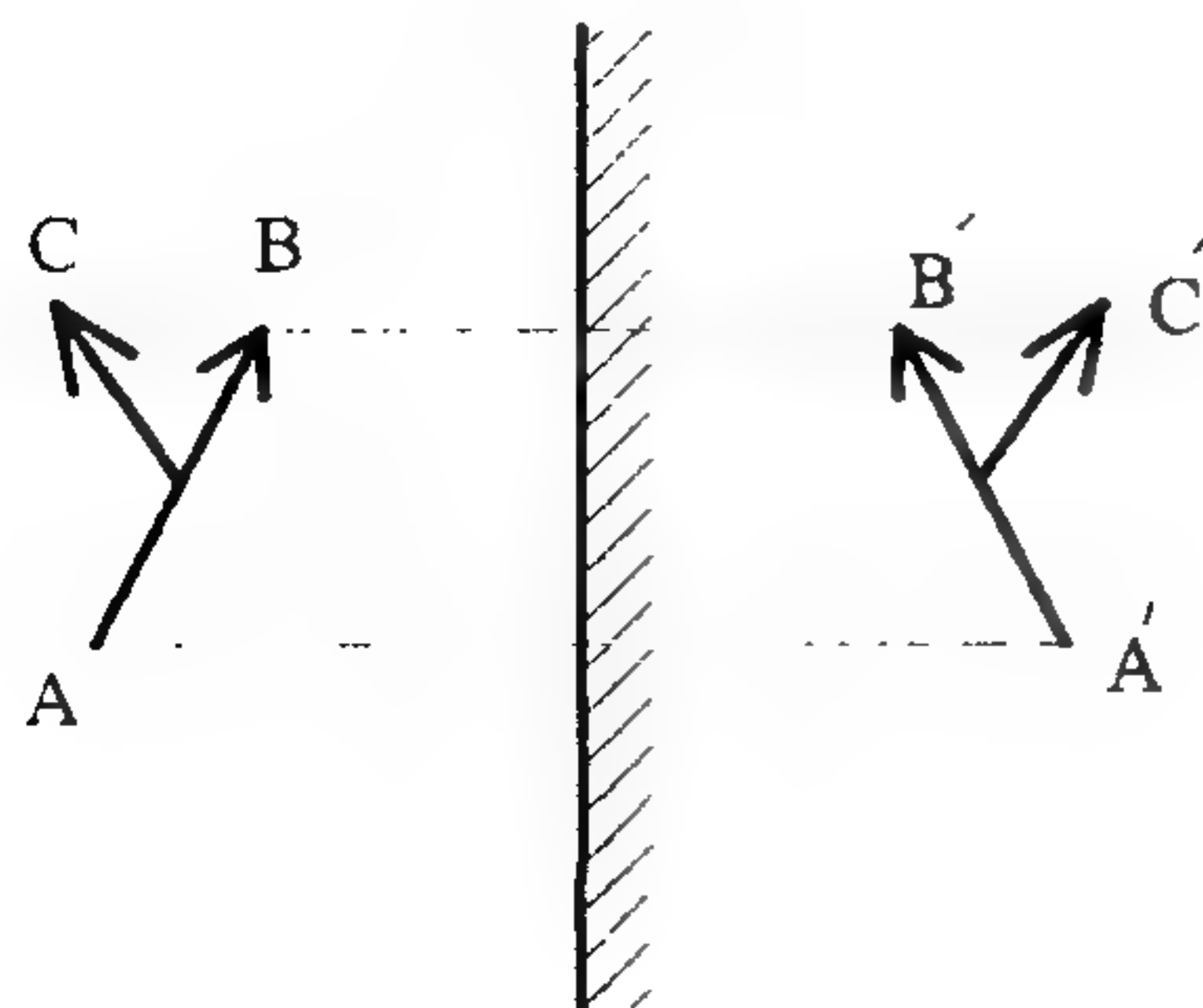
ب) تصویر مجازی است.

ج) تصویر دارای وارونی جانبی است (جای چپ و راست عوض می‌شود).

د) تصویر نسبت به شکل مستقیم است (وارون نشده).

ه) بزرگی تصویر با بزرگی جسم برابر است.

وارونی جانبی



فاصله جسم تا آینه $O =$

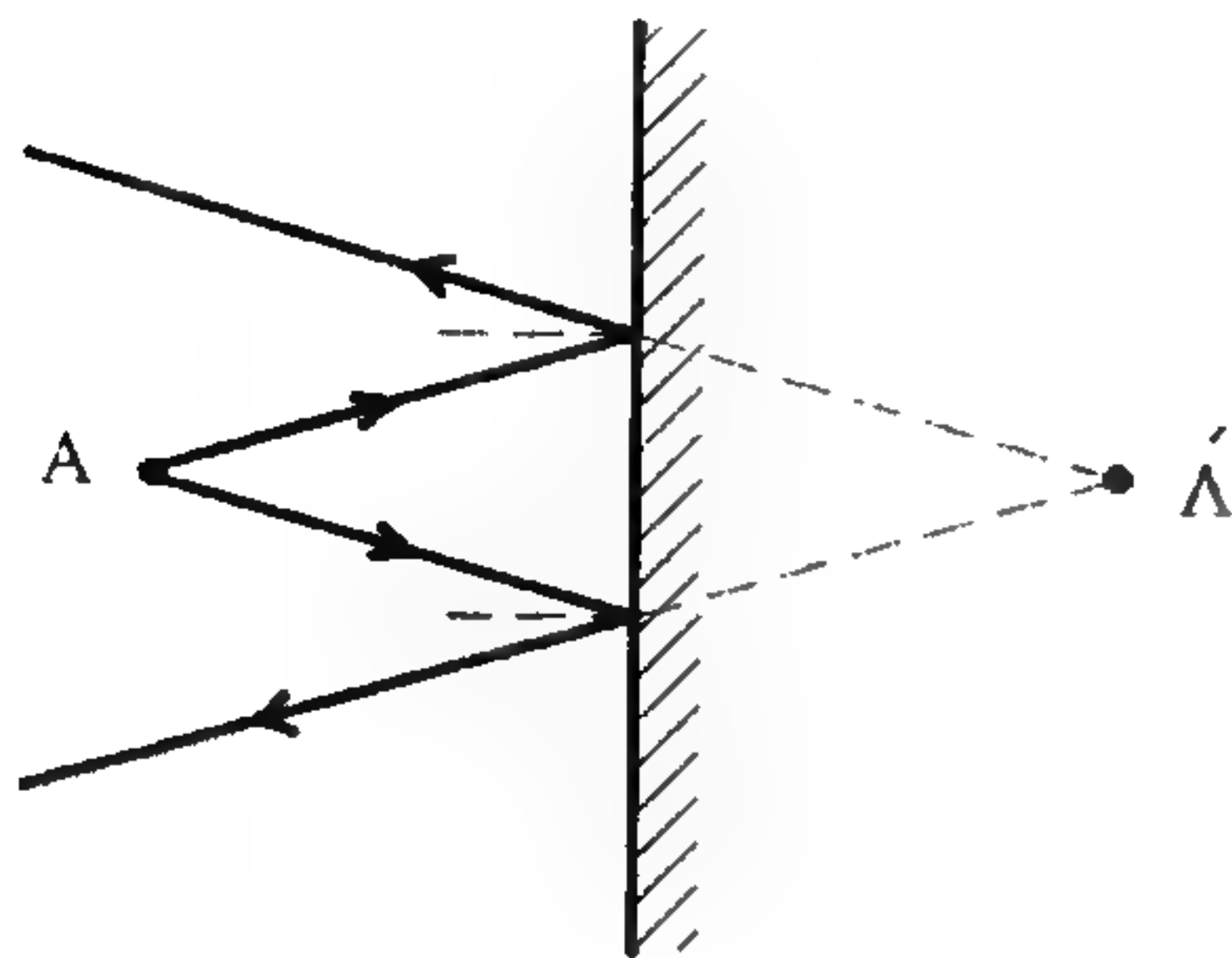
$$\Rightarrow i = -O$$

فاصله تصویر تا آینه $i =$

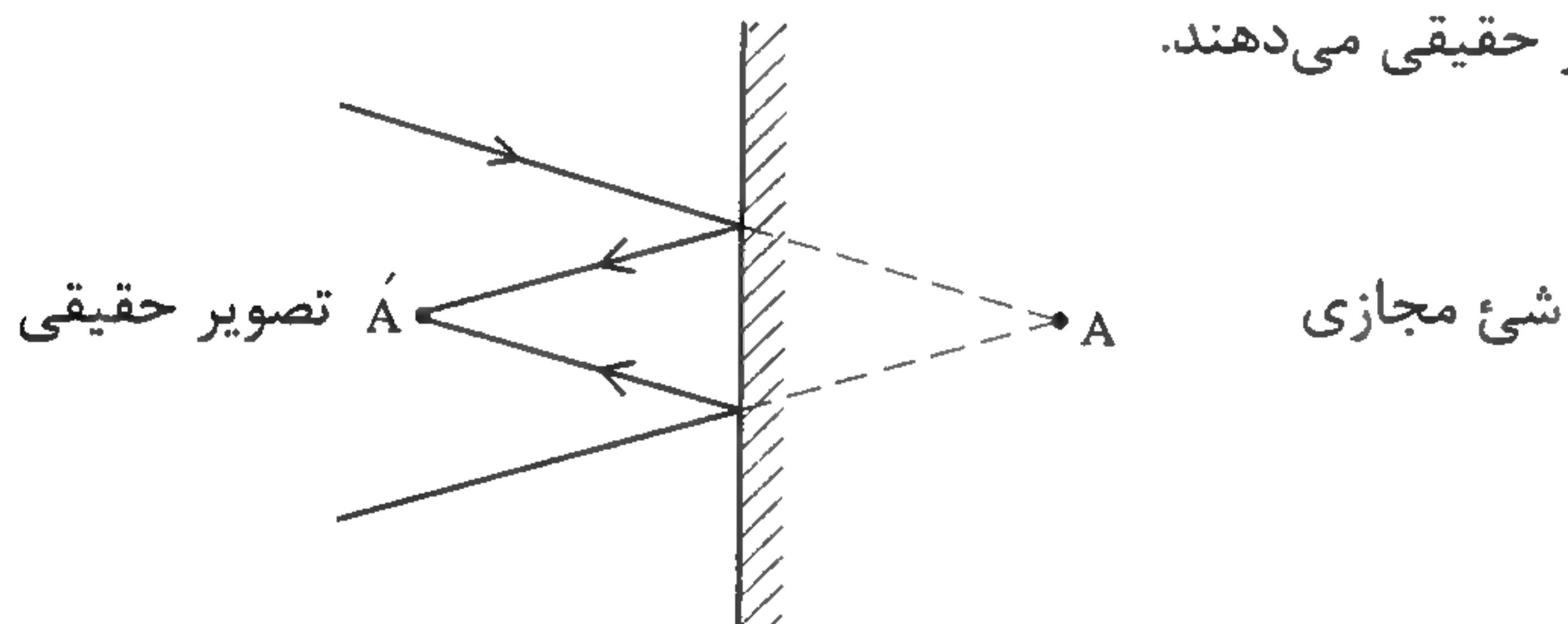
برابری AH و HA' را می‌توان از تساوی دو مثلث

$\triangle AHO$ و $\triangle A'HO$ به دست آورد.

نکته : هنگامی که یک جسم را در برابر آینه تخت قرار می‌دهیم، در واقع یک جسم حقیقی را در برابر آینه قرار داده‌ایم که پرتوها از سوی جسم به صورت واگرا به آینه برخورد کرده و به صورت واگرا منعکس شده و یک تصویر مجازی می‌دهند.



اما اگر شیء مجازی باشد پرتوها به صورت همگرا به طرف آینه تخت می‌روند و پس از بازتاب نیز همگرا هستند و تشکیل یک تصویر حقیقی می‌دهند.

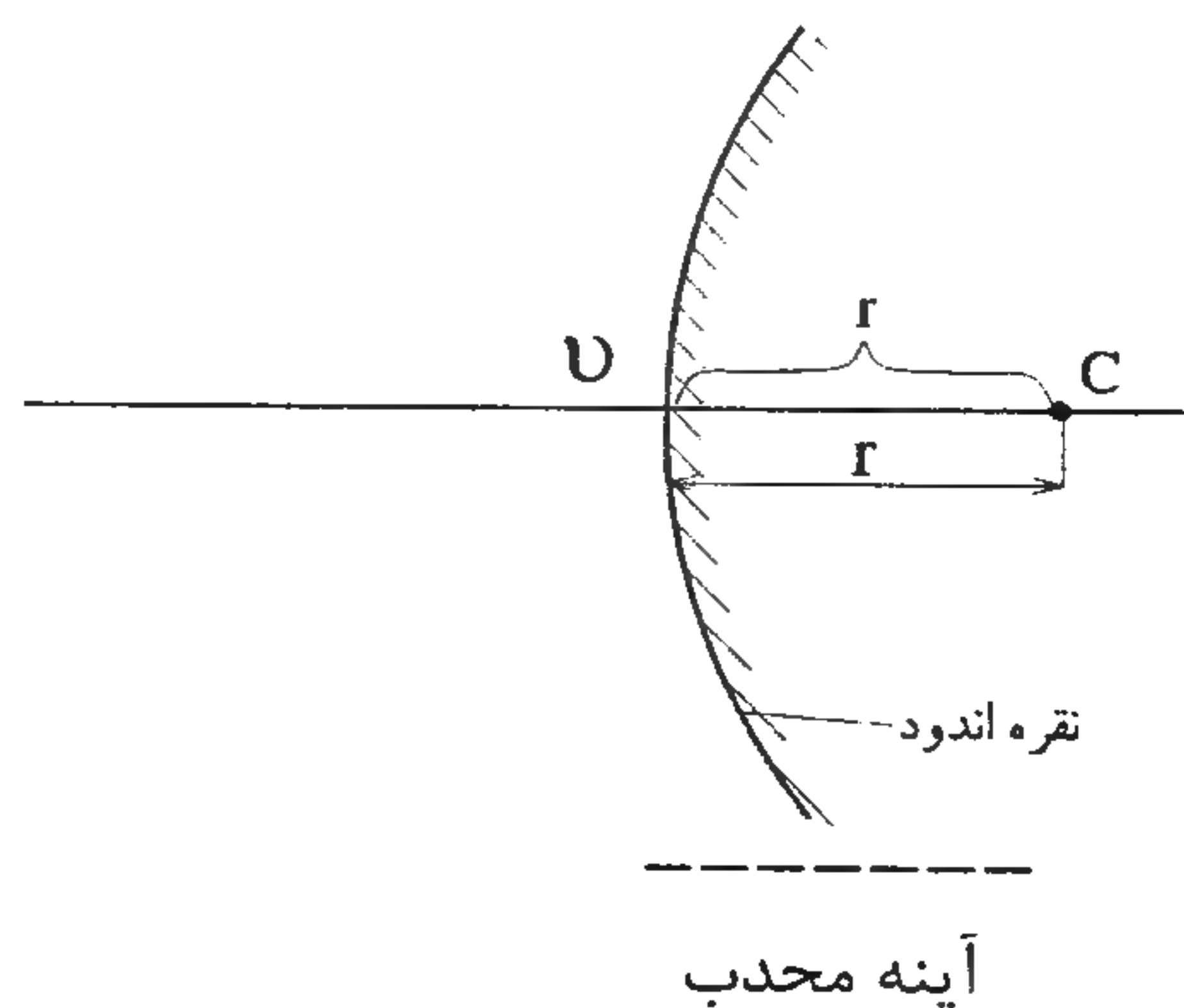
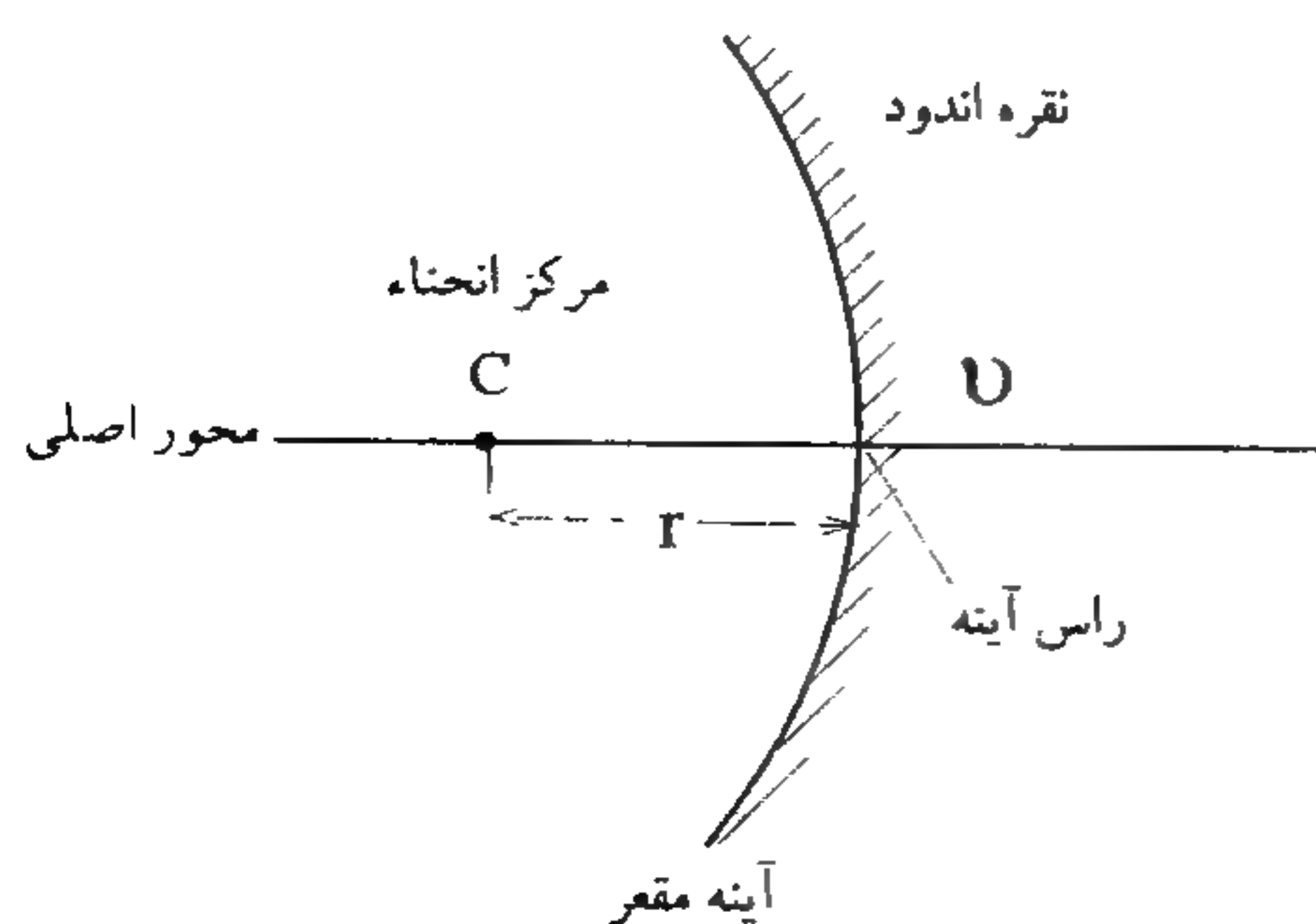


بعداً در مورد شیء مجازی شرح خواهیم داد.

نکته : اگر دو آینه با هم زاویه α بسازند تعداد تصاویری که از شیئی که در میان دو آینه قرار داده‌ایم می‌توان مشاهده کرد $N = \frac{360}{\alpha} - 1$ می‌باشد.

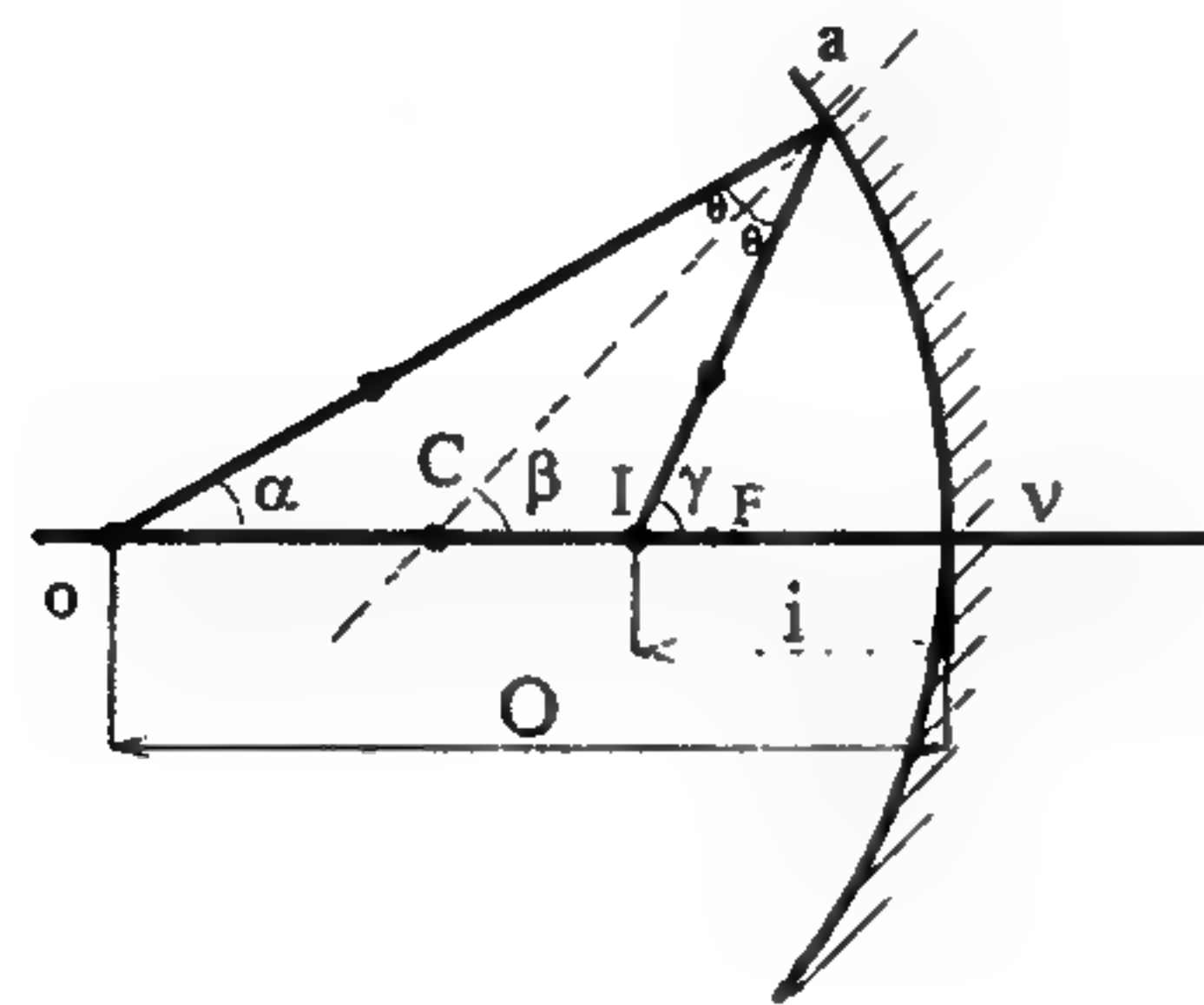
۲-۳ امواج کروی - آینه کروی

می‌دانیم که آینه‌های کروی، آینه‌هایی هستند که سطح آنها قسمتی از یک کره است، که در دو نوع مقعر (کاو) و محدب (کوژ) ساخته می‌شوند.



اگر O فاصله جسم (روی محور اصلی) تا آینه باشد (تا رأس آینه v) و i فاصله جسم تا آینه باشد داریم :

$$f = \frac{r}{2} \text{ فاصله کانونی و } \frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \text{ یا } \frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r}$$



پرتو آمده از نقطه O در نقطه a بازتاب پیدا می کند.

$$\alpha = \frac{\hat{a}\hat{v}}{O}, \beta = \frac{\hat{a}\hat{v}}{r}, \gamma = \frac{\hat{a}\hat{v}}{i}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta Oca : \beta = \alpha + \theta \\ \Delta cIa : \gamma = \theta + \beta \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \gamma - \beta = \beta - \alpha \Rightarrow \alpha + \gamma = 2\beta$$

$$\Rightarrow \frac{\hat{a}\hat{v}}{O} + \frac{\hat{a}\hat{v}}{i} = 2 \frac{\hat{a}\hat{v}}{r} \Rightarrow \frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r}$$

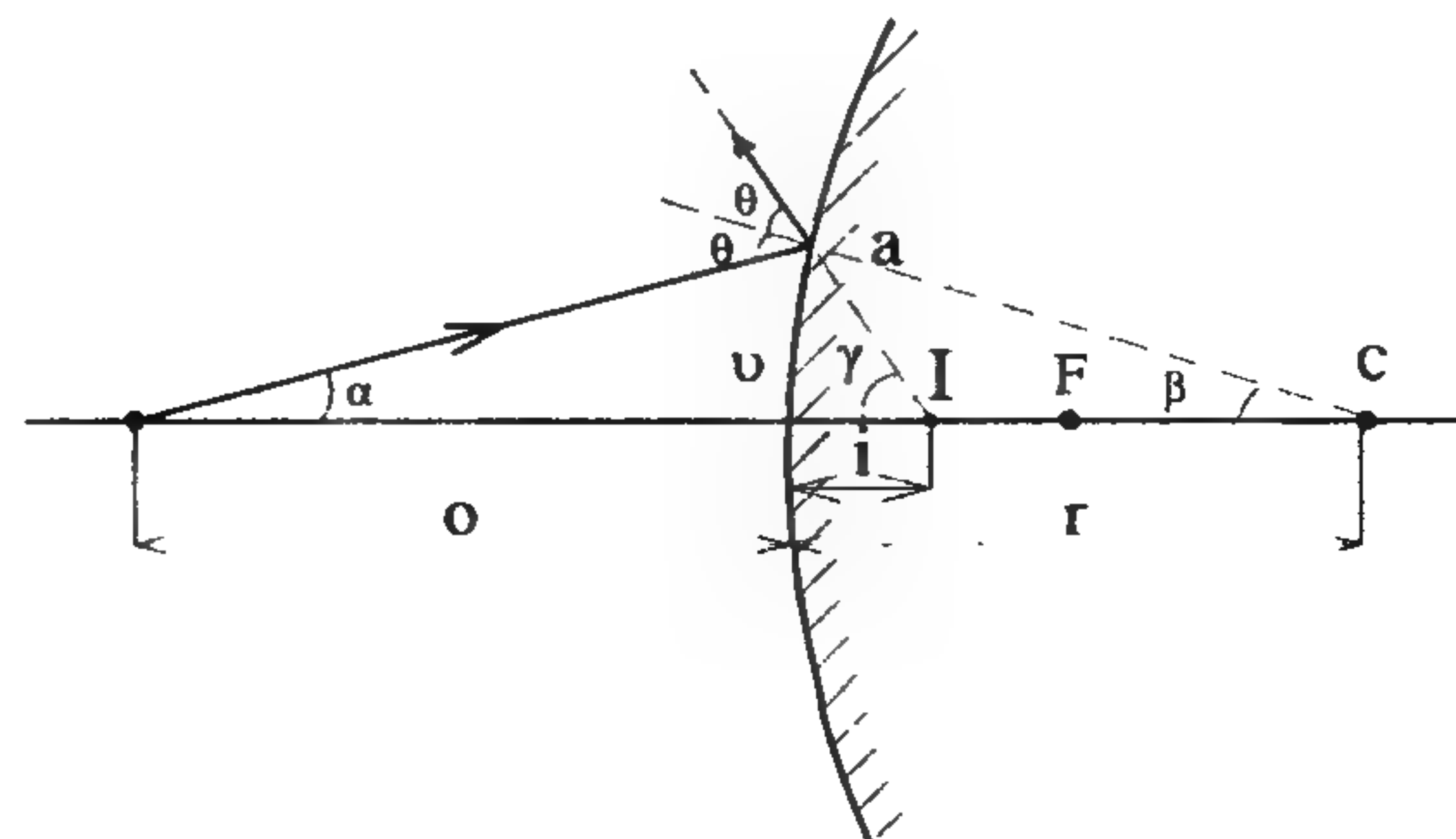
هنگامی که جسم روی محور اصلی در بی نهایت است ($O = \infty$)، به عبارتی پرتوها موازی با محور اصلی به سمت آینه مقعر می آیند همدیگر را در نقطه ای روی محور اصلی قطع می کنند (محل تصویر آن نقطه است)، این نقطه را F کانون اصلی آینه مقعر گفته و فاصله آن تا آینه فاصله کانونی عدسی است.

$$O = \infty \Rightarrow i = f \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{2}{r} \Rightarrow f = \frac{r}{2}$$

نکته : رابطه بالا را می توان برای آینه محدب نیز اثبات کرد. که البته در آنجا کانون اصلی مجازی و f منفی است. تصویر نیز مجازی است.

$$f = \frac{r}{2} < 0 \quad \text{و} \quad i < 0$$

$$\frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$



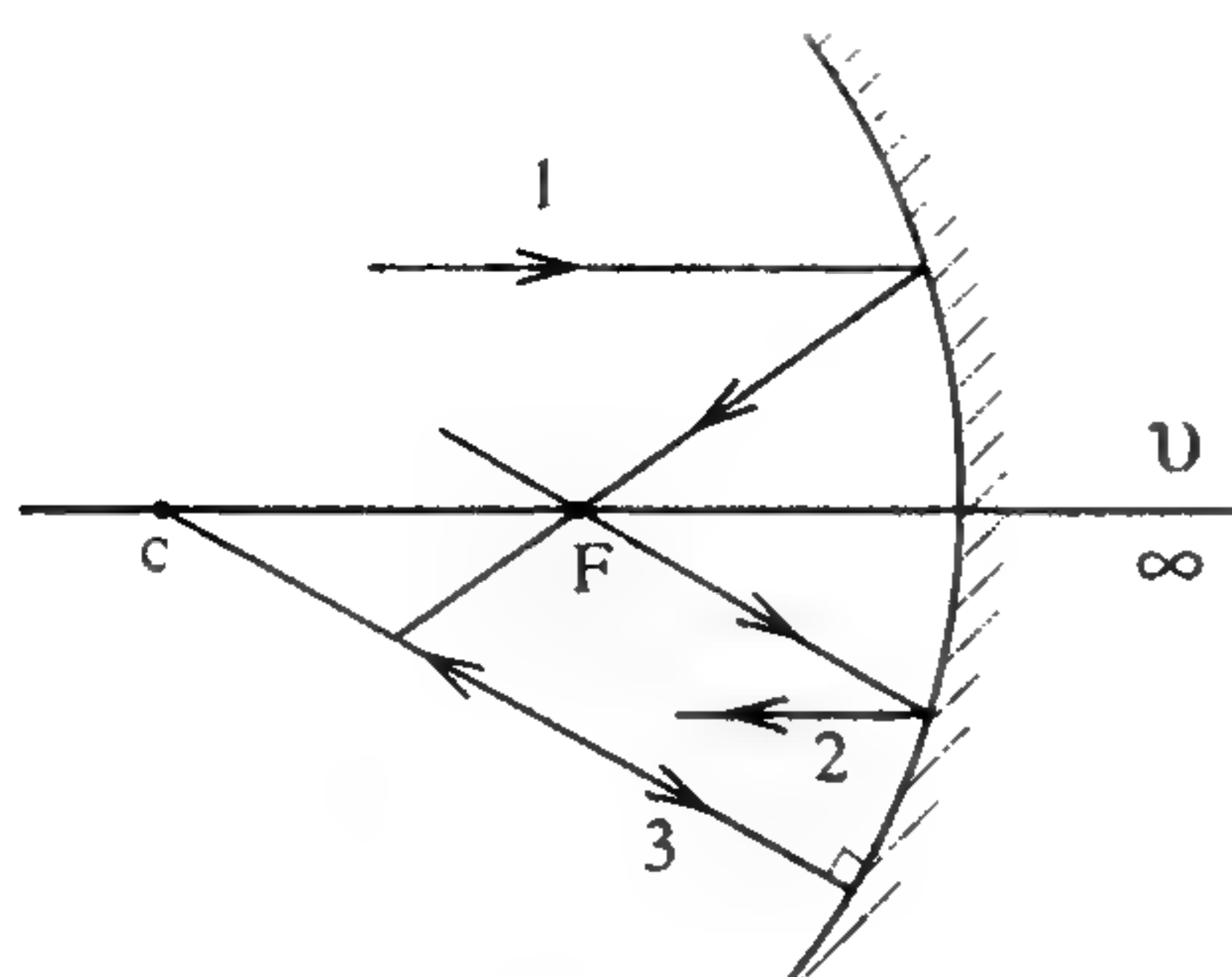
۳-۳ رسم پرتوها

برای رسم تصاویر می‌توان از رسم سه پرتو مشخص استفاده کرد.

۱- پرتوی که موازی با محور اصلی به آینه مقعر

برخورد کند از کانون برمی‌گردد.

$$(O = \infty \Rightarrow i = f)$$



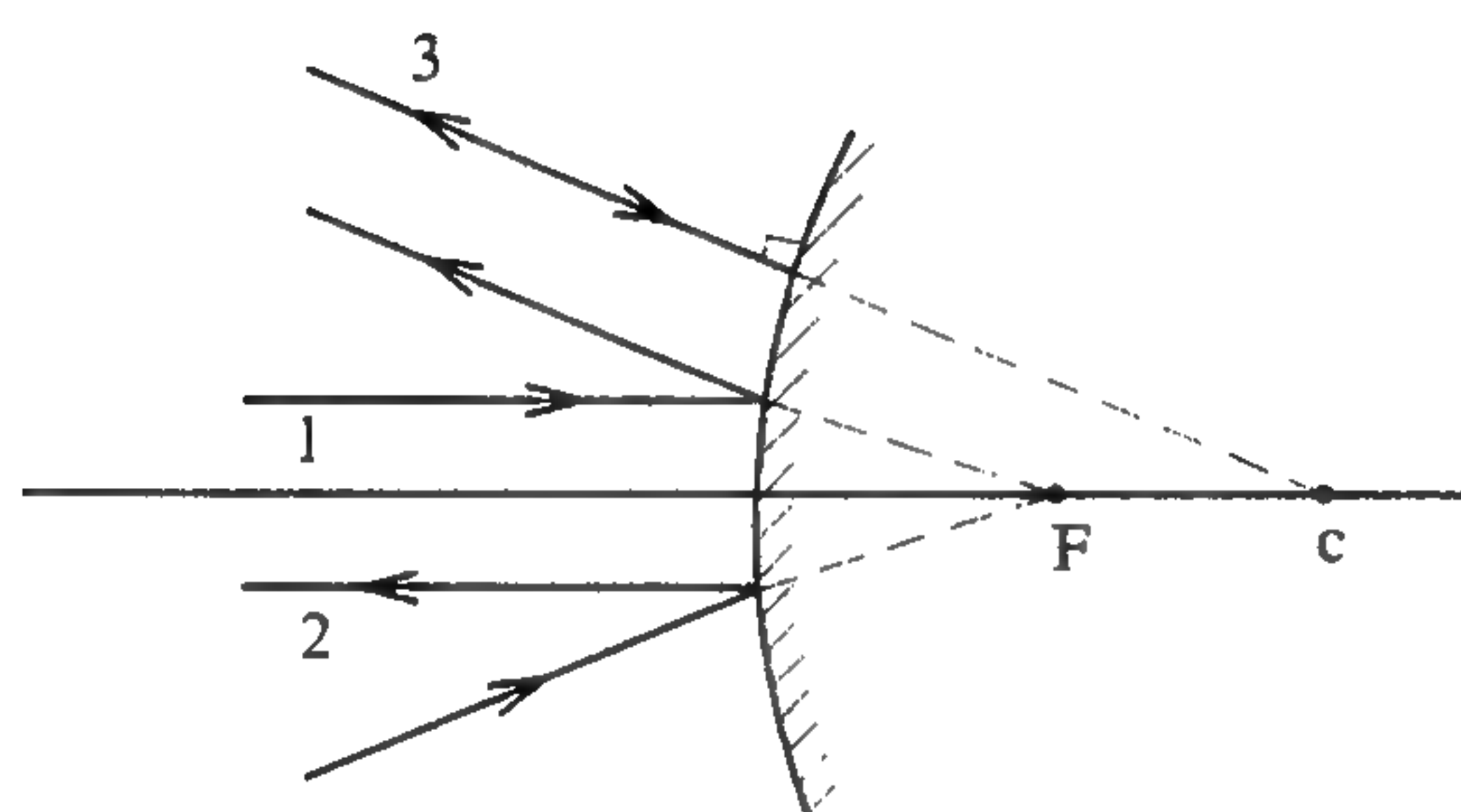
۲- پرتویی که از کانون بگذرد پس از بازتاب از

آینه موازی با محور اصلی برمی‌گردد.

$$(O = f \Rightarrow i = \infty)$$

۳- پرتویی که از مرکز انحنا عبور کند بر روی خود بازتاب پیدا می‌کند.

و در آینه محدب :



(۱) پرتویی که موازی با محور اصلی به آینه

برخورد کند طوری از آینه دور می‌شود که

گویا از نقطه کانون مجازی در پشت آینه

آمده است.

(۲) پرتویی که به سمت کانون برود موازی باز می‌گردد.

(۳) پرتویی که به طرف مرکز انحنا برود بر روی خود بازتاب پیدا می‌کند.

۳-۴ خصوصیات و رسم تصویر

$$m = -\frac{i}{O} \text{ بزرگنمایی}$$

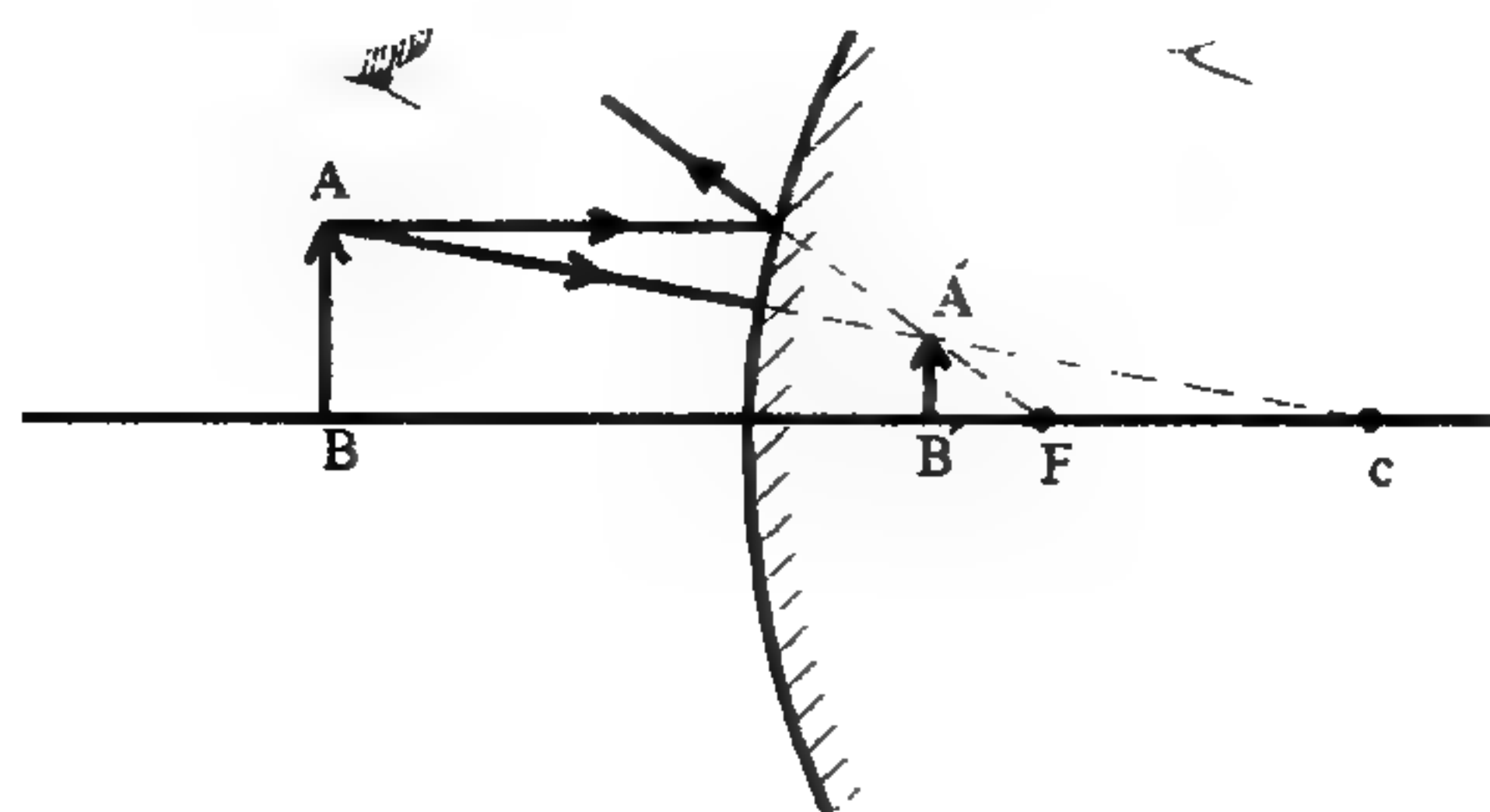
در مورد آینه‌های تخت می‌دانیم که $i = -O$ و بنابراین $m = +1$ یعنی تصویر هم اندازه با جسم و

علامت + نشان‌دهنده مستقیم بودن آن نسبت به جسم است و تصویر نیز مجازی است ($i < 0$).

در آینه محدب : همیشه $i < 0$ و تصویر مجازی و مستقیم است، $m < 1$ و همیشه نیز در فاصله

کانونی تشکیل می‌شود $|f| < |i| < 0$

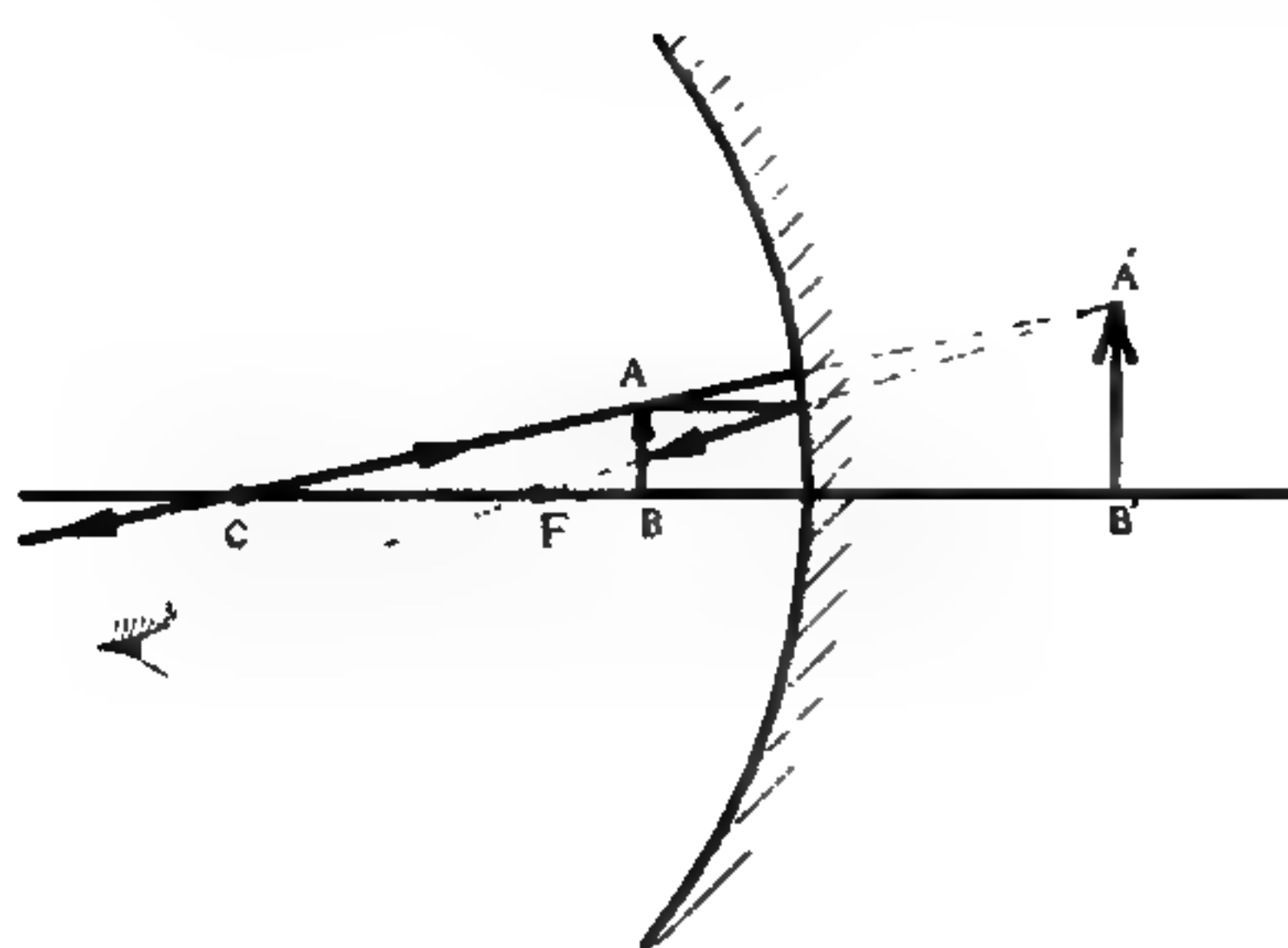
$$f = \frac{r}{2} < 0$$



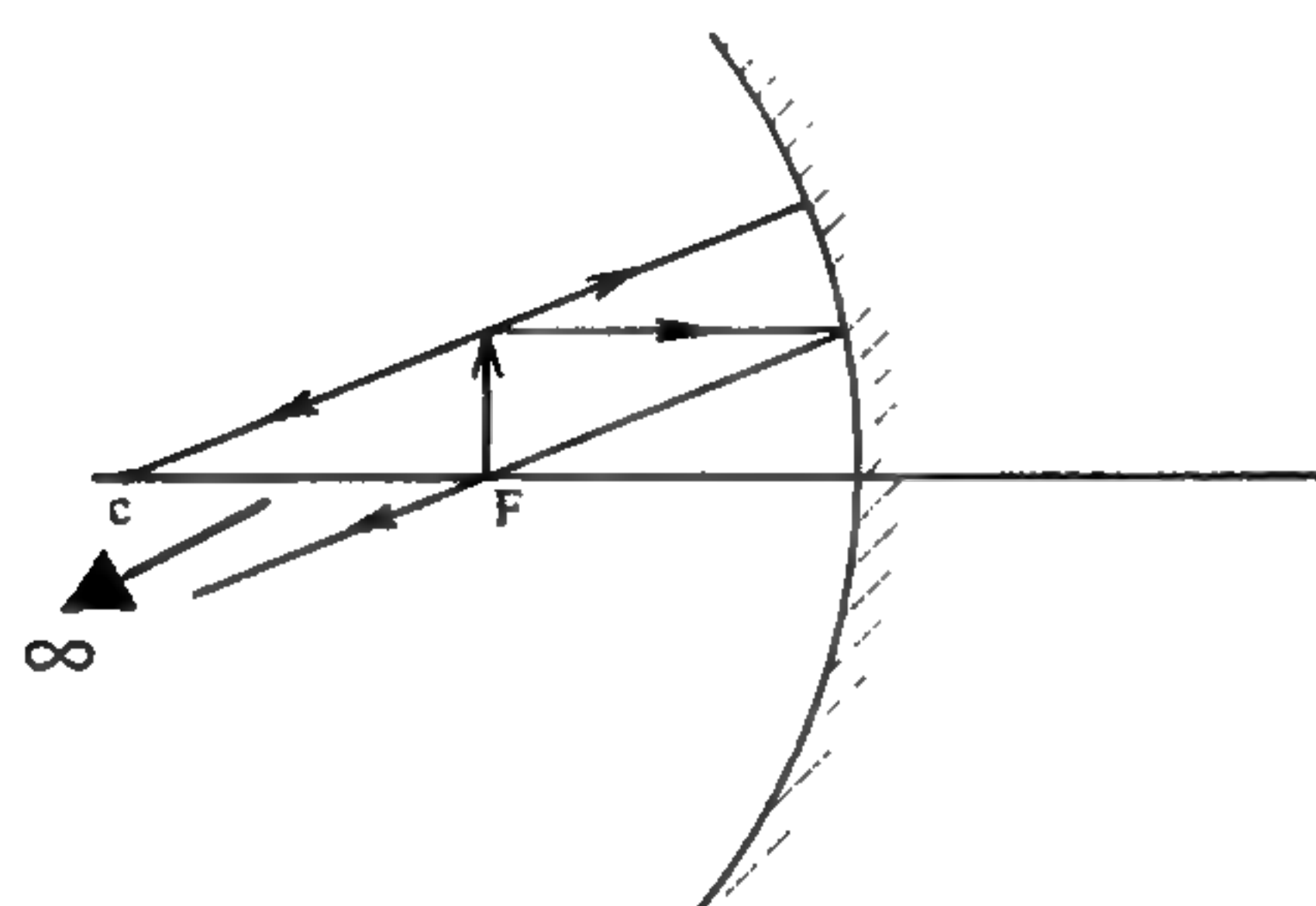
در آینه مقعر: همیشه $f = \frac{r}{2} > 0$ است و حالات زیر را داریم:

الف) جسم در فاصله کانونی قرار دارد $0 < f < O$
تصویر مجازی $i < 0$ ، مستقیم و بزرگتر است.

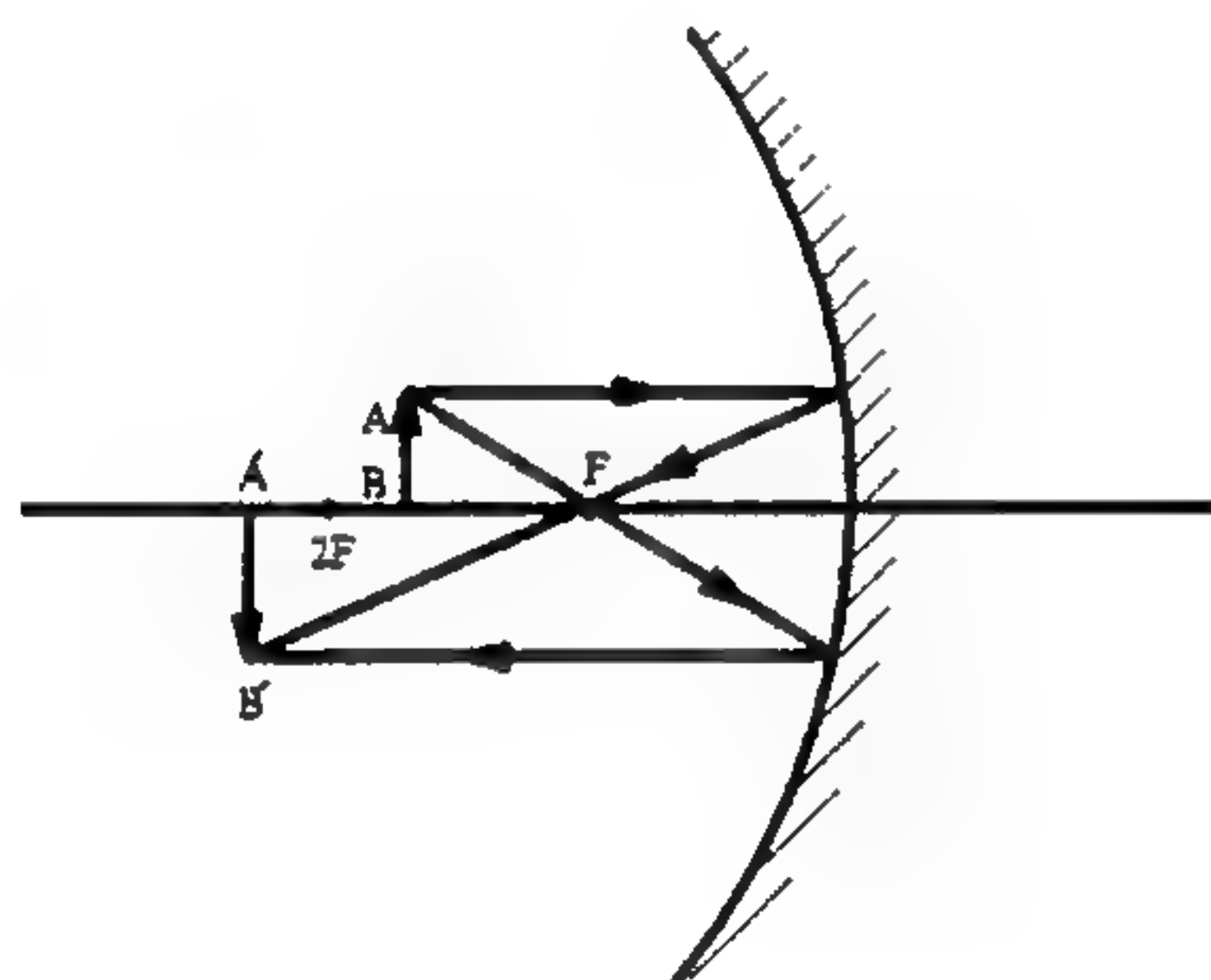
$$m = \frac{-i}{O} \text{ و } m > +1$$



ب) جسم در روی کانون قرار دارد $O = f$ بنابراین
تصویر در بی‌نهایت تشکیل شده، بزرگتر، حقیقی
و وارون است.



ج) جسم بین کانون و مرکز انحنا است $F < O < 2F$
تصویر حقیقی، وارون، بزرگتر و بعد از $2F$ تشکیل
می‌شود.



$$i > 0 \Rightarrow m = \frac{-i}{O} < 0$$

$$|m| > 1$$

د) جسم روی مرکز انحنا قرار دارد $O = 2F$ در نتیجه تصویر نیز روی مرکز انحنا تشکیل

می‌شود $i = 2F$ تصویر حقیقی، وارون و هم اندازه با جسم است.
 $i > 0 \Rightarrow m = \frac{-i}{O} = -1$

هـ) جسم پس از مرکز انحنا قرار دارد $2F < O < \infty$ در آن صورت تصویر حقیقی وارون و

کوچکتر خواهد بود و $F < i < 2F$ می‌باشد.

$$i > 0 \text{ و } m = \frac{-i}{O} < 0 \text{ و } |m| < 1$$

و) جسم در ∞ باشد تصویر در کانون تشکیل می‌شود.

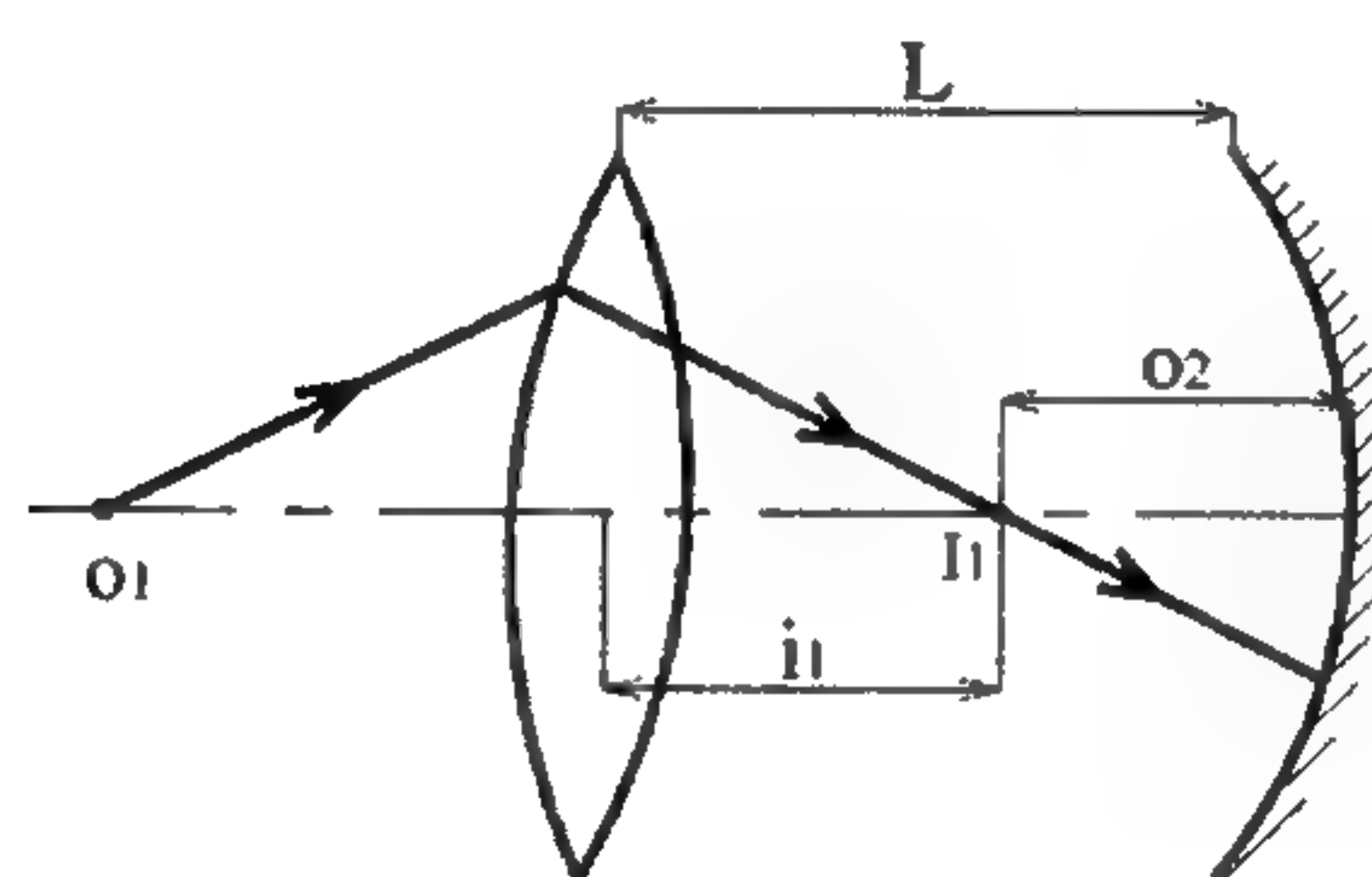
نکته : همان طور که دیدیم تصویر حقیقی ناشی از یک شیء حقیقی همواره وارون و دارای بزرگنمایی $m = \frac{-i}{O} < 0$ است و تصویر مجازی ناشی از یک شیء حقیقی همواره مستقیم و دارای بزرگنمایی $m > 0$ است.

نکته : مزیت آینه محدب بر آینه تخت و آینه مقعر میدان دید وسیعتر آن است و البته باید توجه داشت اجسام را همیشه کوچکتر نشان می‌دهد.

۵-۳ جسم مجازی

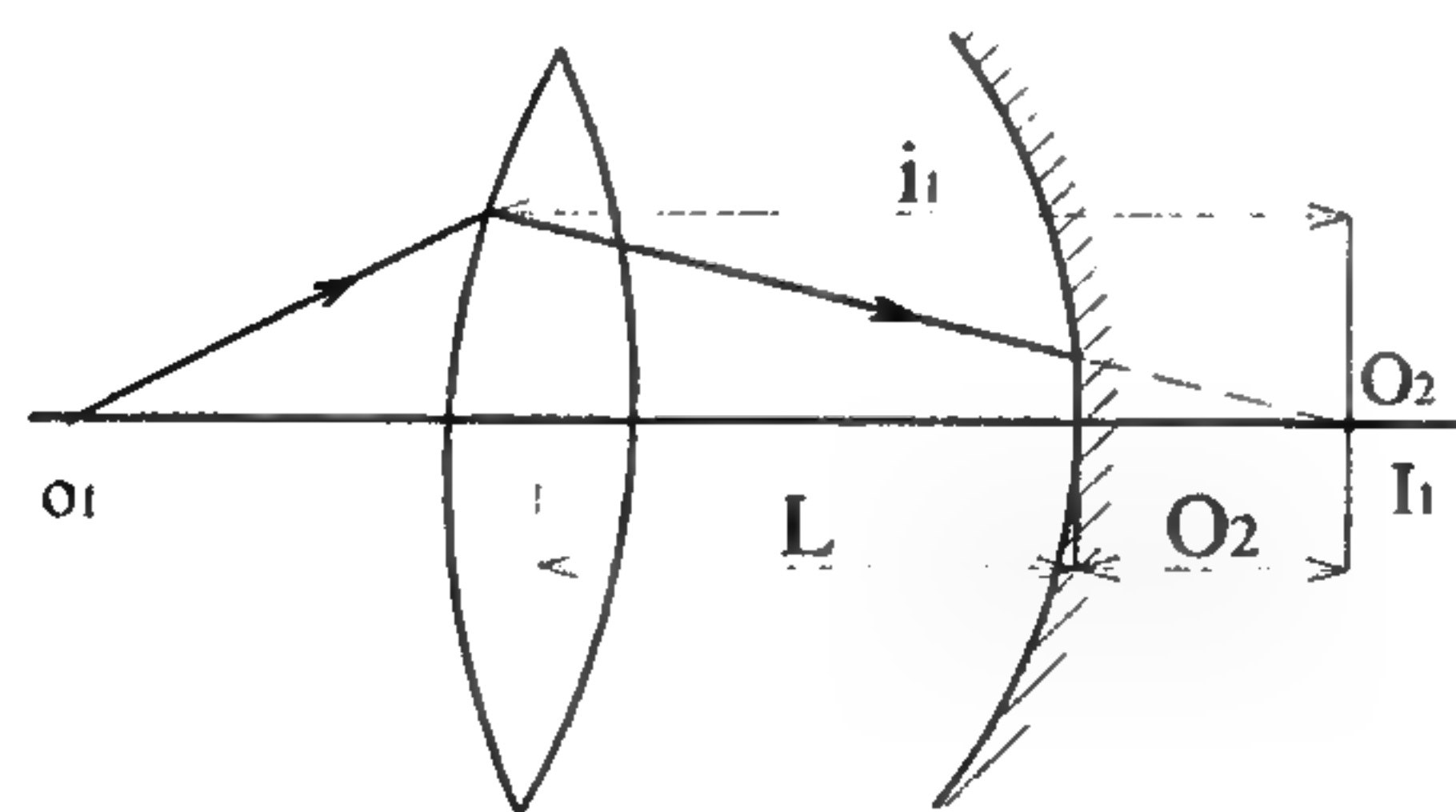
جسم مجازی هنگامی مطرح می‌شود که با ترکیبی از آینه‌ها و یا عدسیها کار می‌کنیم. در واقع جسمی که می‌خواهیم تصویر آن را به دست آوریم خود تصویر ناشی از شیء حقیقی دیگر بوده است :

۱- اگر تصویر I_1 ناشی از شیء O_1 در عدسی، جلوی آینه افتاد خود به عنوان شیء حقیقی O_2 برای آینه مطرح است (پرتوهای ناشی از O_2 به صورت واگرا به سمت آینه می‌روند).



$$O_2 = L - i_1 > 0$$

۲- اگر تصویر I_1 ناشی از شیء حقیقی O_1 در عدسی پشت آینه افتاد، به عنوان شیء مجازی O_2 برای آینه مطرح است (پرتوهای ناشی از O_2 به صورت همگرا به سمت آینه می‌روند).

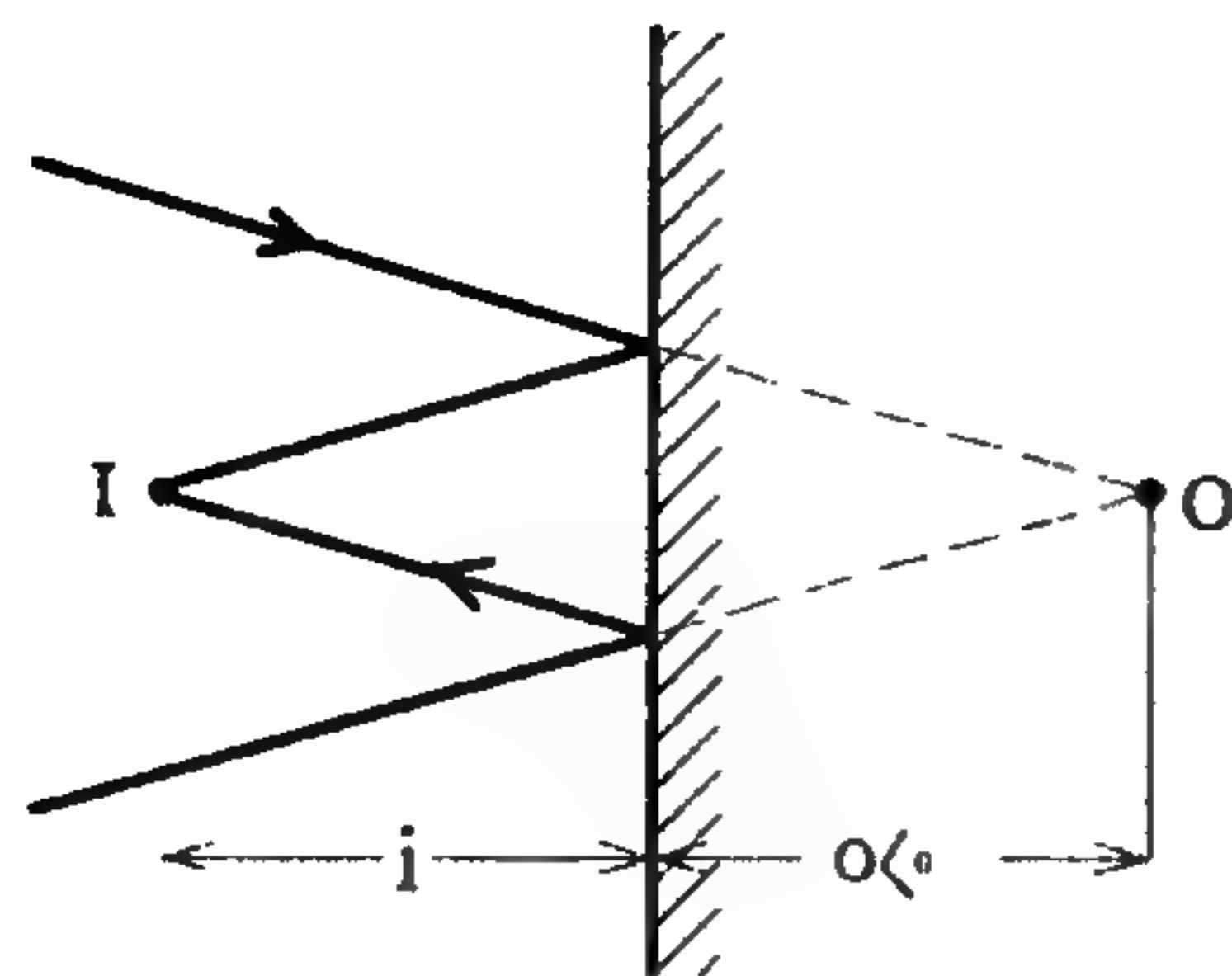


$$O_2 = L - i_1 < 0$$

حالا که با مفهوم شیء مجازی آشنا شدیم، فقط به بررسی تصویر ناشی از آن در آینه‌ها می‌پردازیم :

۱- آینه تخت

همان طور که دیدیم تصویر ناشی از شیء مجازی در آینه تخت حقیقی است.

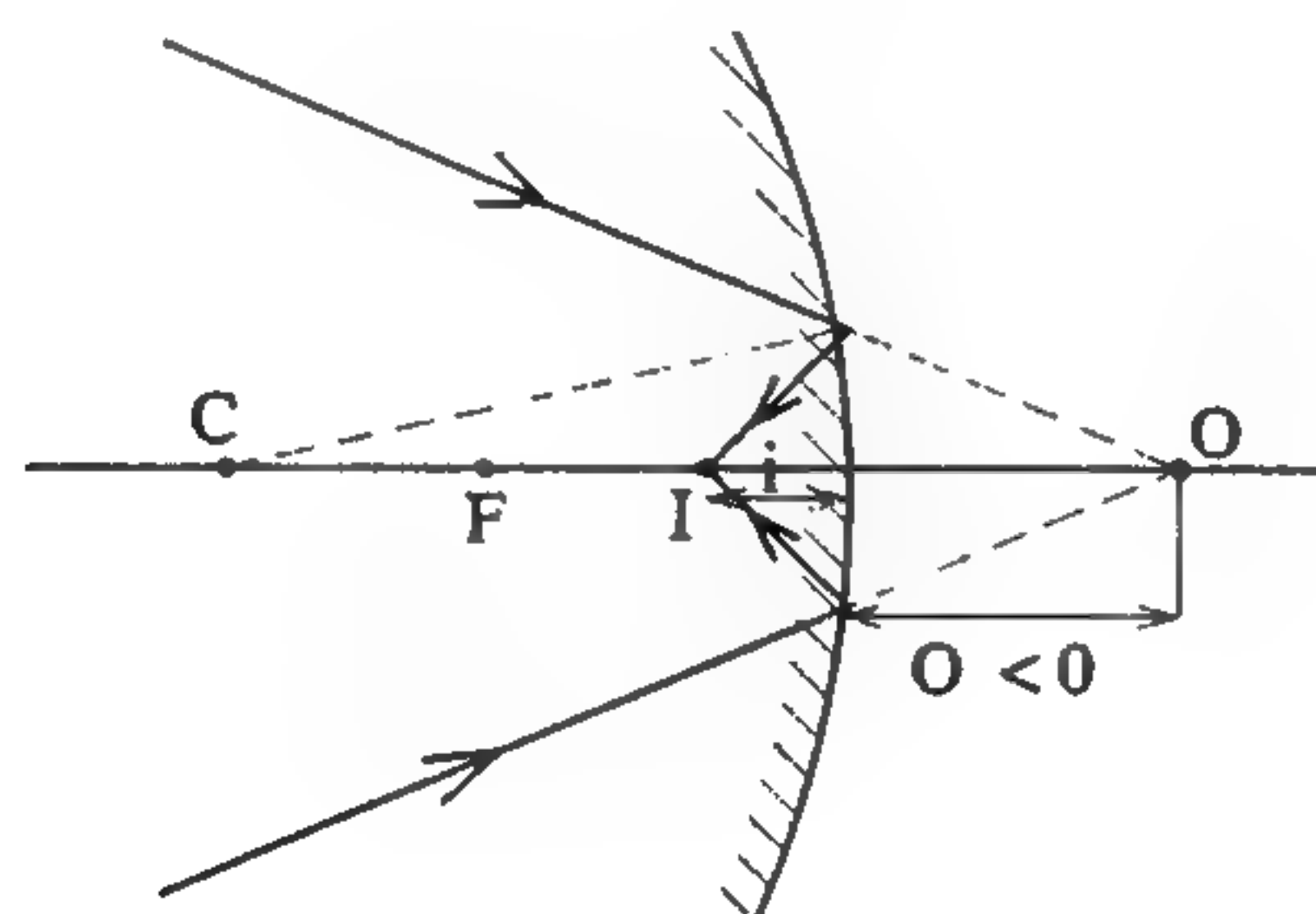


$$\begin{cases} i = -O \Rightarrow i > 0 \\ O < 0 \end{cases}$$

۲- آینه مقعر

$$O < 0 \Rightarrow O = -|O| \text{ و } f > 0$$

$$\frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{i} = -\frac{1}{O} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{-|O|} + \frac{1}{f} = \frac{1}{|O|} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{i} > 0 \Rightarrow i > 0$$

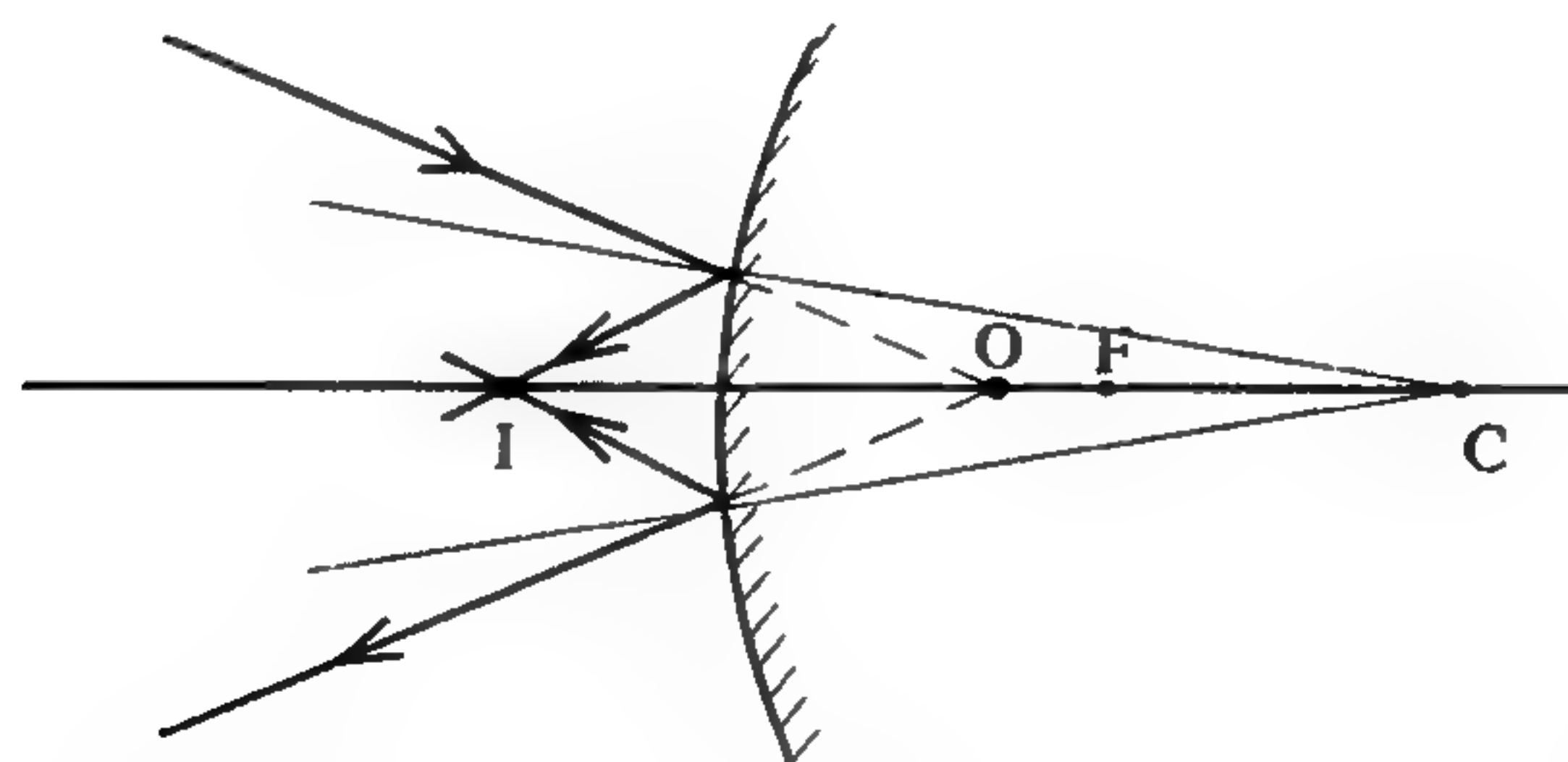


۳- آینه محدب

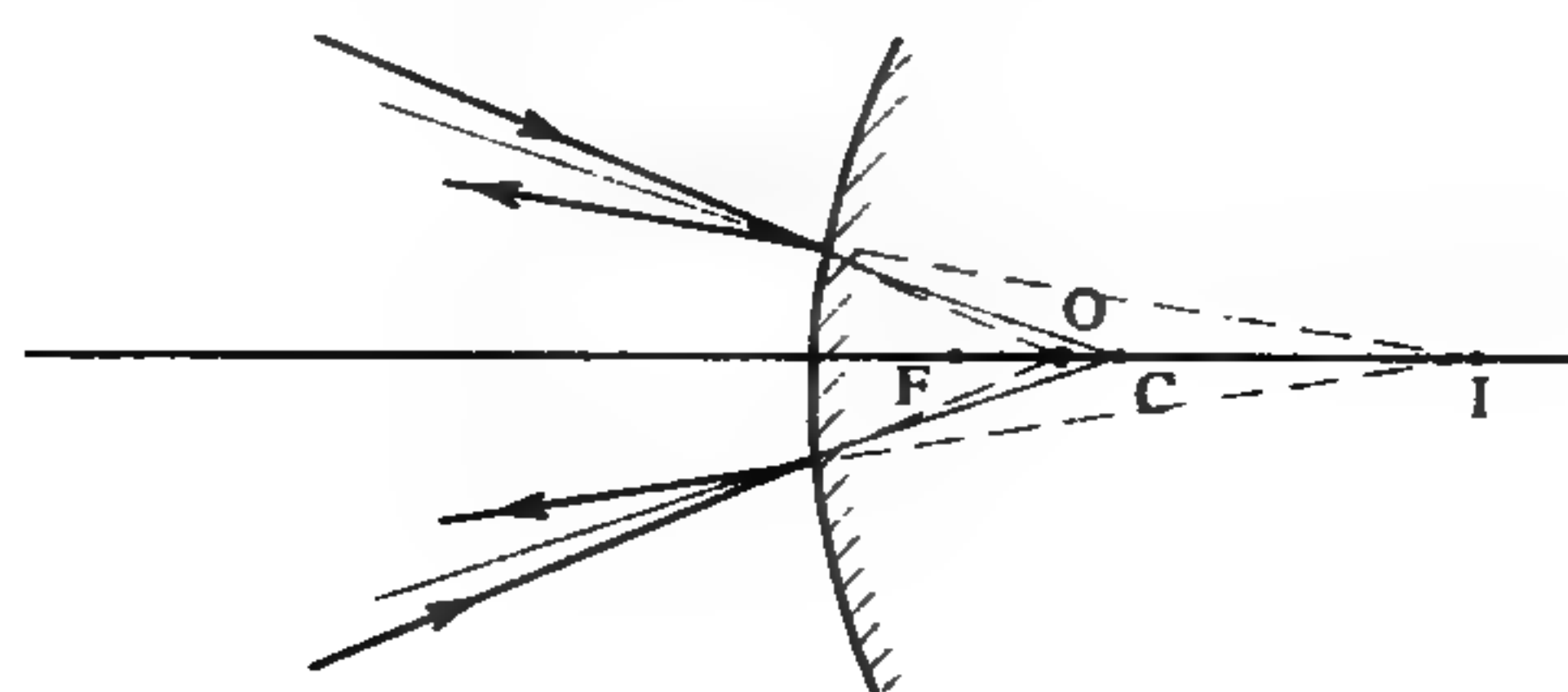
$$O < 0 \Rightarrow O = -|O| \text{ و } f < 0 \Rightarrow f = -|f|$$

$$\frac{1}{i} = -\frac{1}{O} + \frac{1}{f} \Rightarrow -\frac{1}{-|O|} + \frac{1}{-|f|} = \frac{1}{|O|} - \frac{1}{|f|} \Rightarrow i = \frac{|O||f|}{|f| - |O|}$$

الف) اگر $|f| > |O|$ باشد آینه محدب از جسم مجازی تصویر حقیقی می‌دهد.

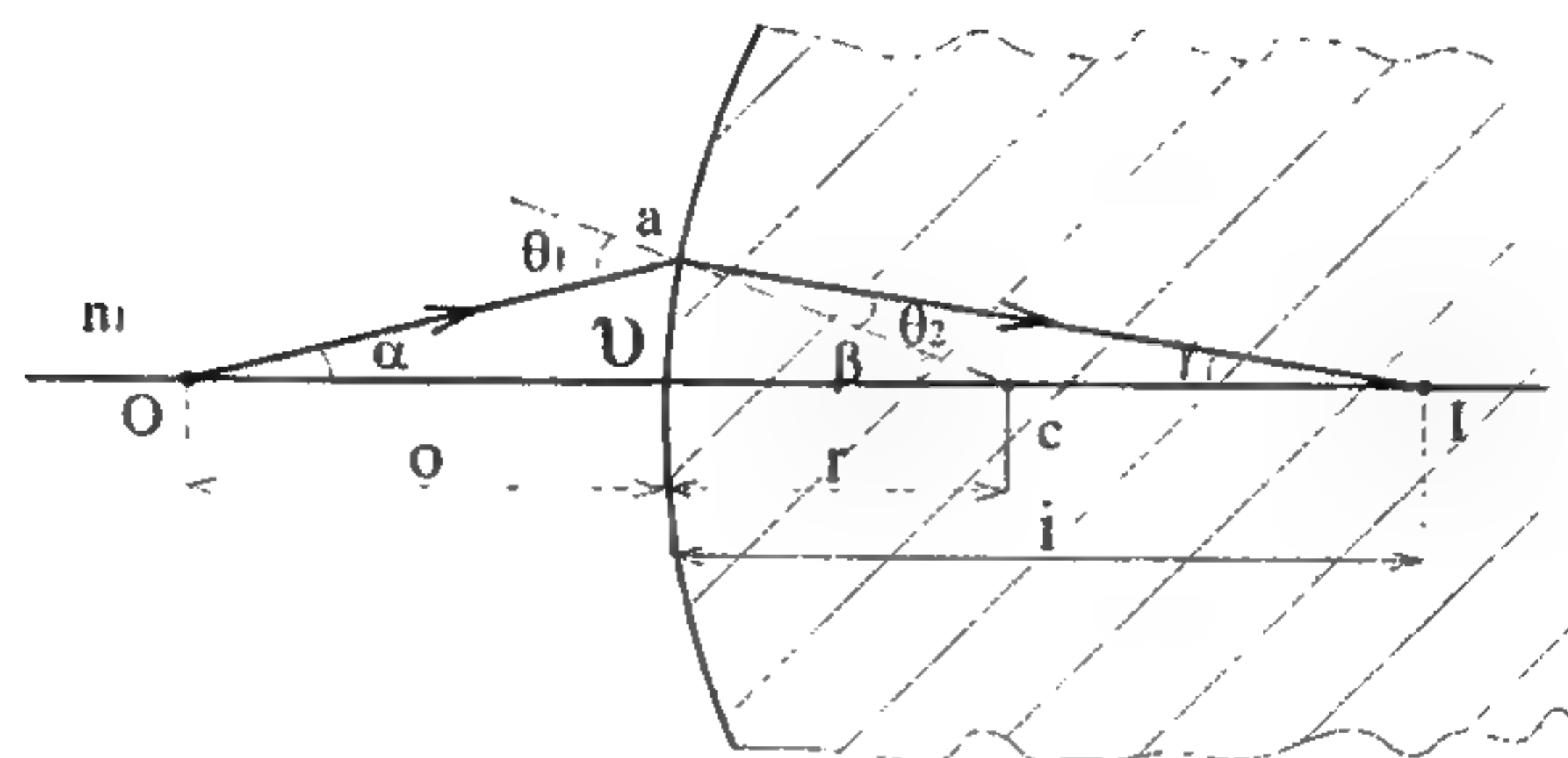


ب) اگر $|f| < |O|$ باشد آینه محدب از جسم مجازی تصویر مجازی می‌دهد.



۶-۳ سطح شکننده کروی

سطح شکننده کروی (دیوپتر کروی) سطح کروی میان دو محیط با ضریب شکست متفاوت n_1 و n_2 است. با توجه به شکل زیر رابط میان فاصله جسم تا سطح کروی (O) و فاصله تصویر تا سطح کروی (i) و شعاع انحنای سطح کروی را به دست می‌آوریم.



پرتوها را نزدیک به محور (پیرامحوری) در نظر می‌گیریم، در این صورت زوایا بسیار کوچک

هستند و چون کمان av بسیار کوچک است می‌توان فرض کرد $\alpha = \frac{av}{O}$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow n_1 \theta_1 = n_2 \theta_2 \Rightarrow \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \theta_2$$

$$\alpha = \frac{av}{O}, \beta = \frac{av}{r}, \gamma = \frac{av}{i}$$

$$\begin{cases} \theta_1 = \alpha + \beta \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} \theta_2 = \alpha + \beta \\ \beta = \theta_2 + \gamma \Rightarrow \beta - \gamma = \theta_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \beta - \gamma = \frac{n_1}{n_2} (\alpha + \beta) \Rightarrow n_1 \alpha + n_2 \gamma = (n_2 - n_1) \beta$$

بنابراین :

$$\frac{n_1}{O} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

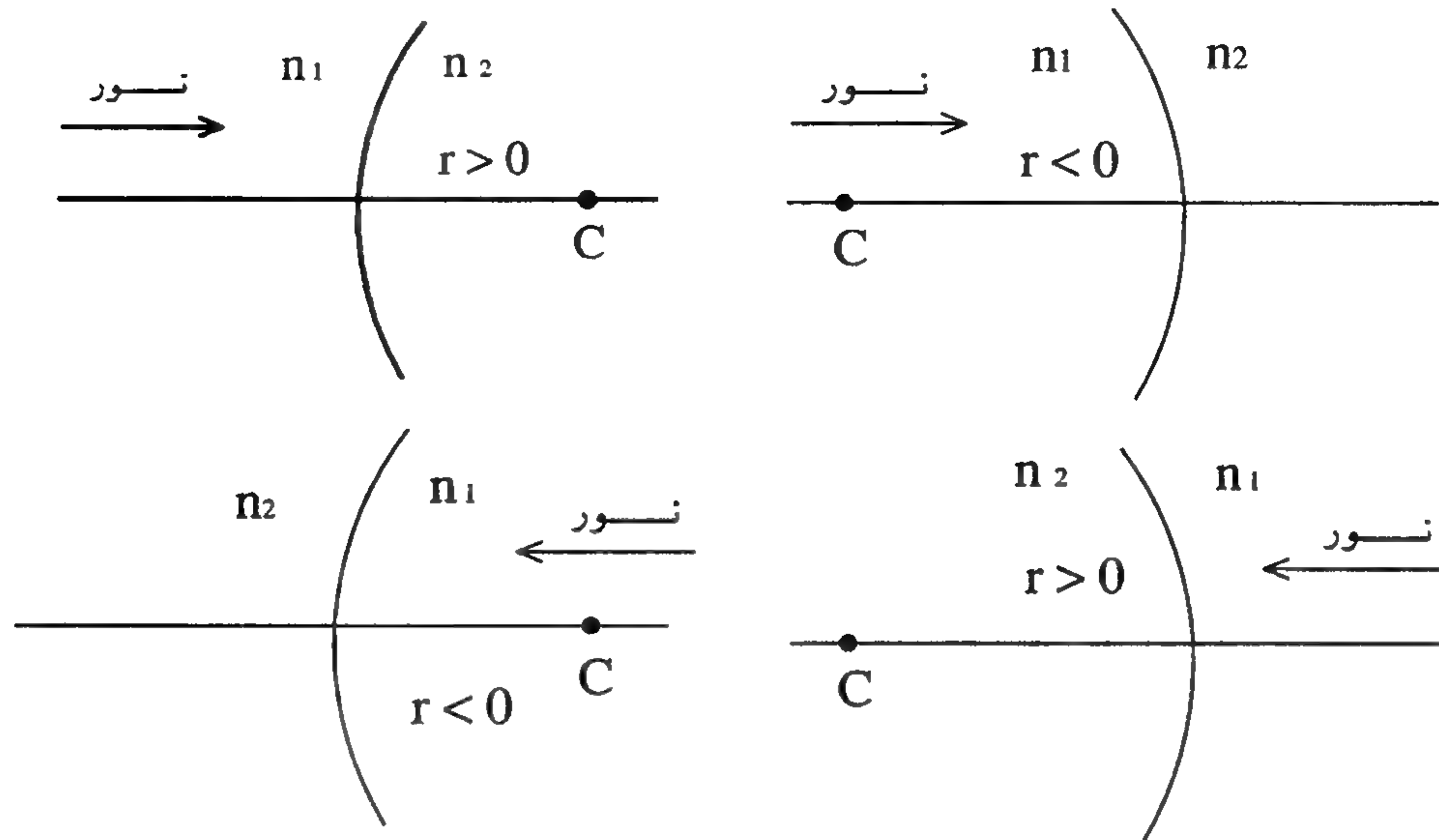
این که تصویر ناشی از جسم حقیقی O، مجازی است و یا حقیقی، بستگی به مقادیر n_1 و n_2 و تحدب و یا تقعر سطح دارد.

قرارداد

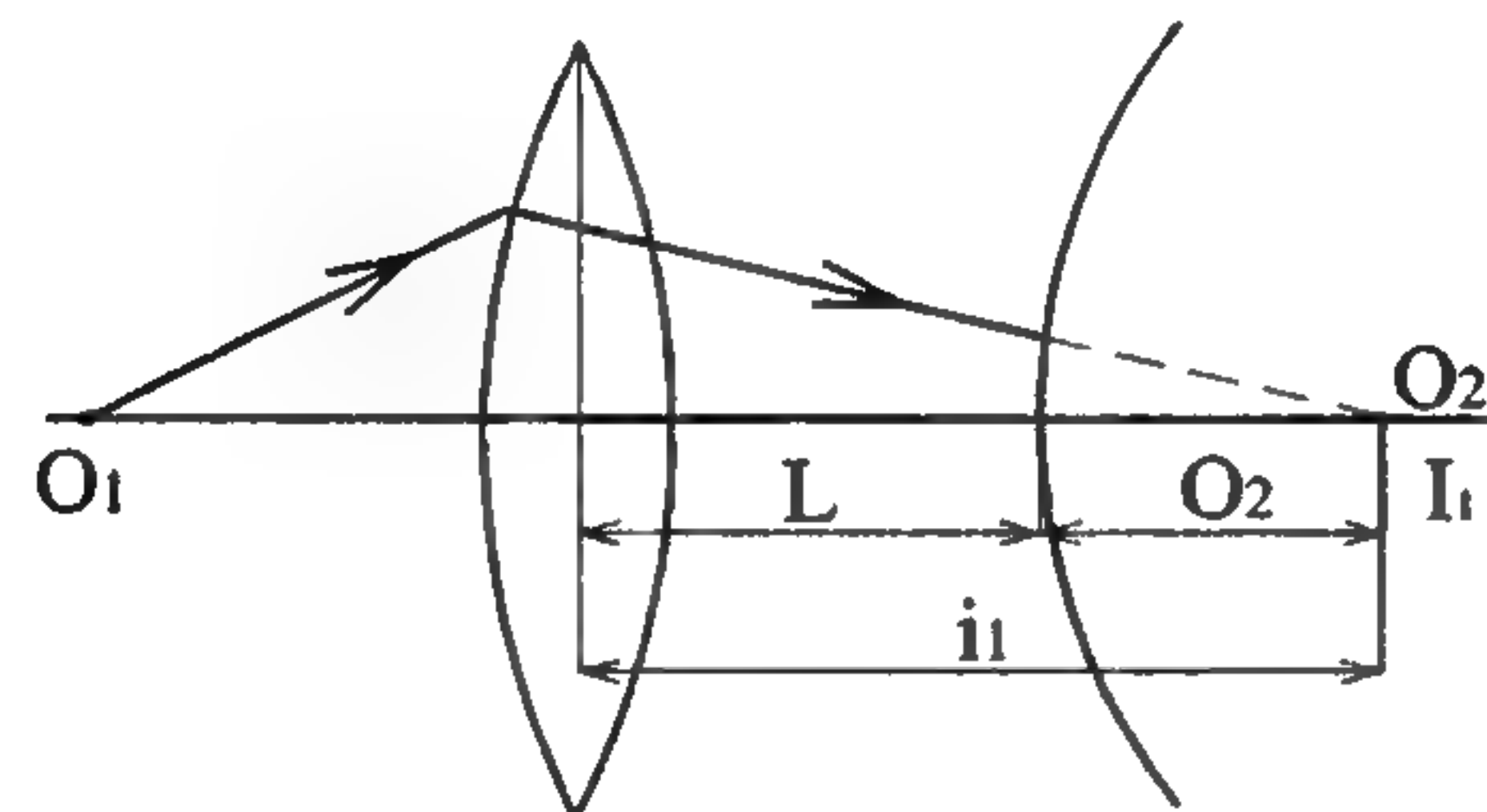
۱- سمتی که جسم قرار دارد و نور از آن به سمت سطح شکننده می‌تابد را طرف ۱ و با ضریب

شکست n_1 می‌گیریم، اگر تصویر در طرف مقابل (n_2) بیافتد (طرف حقیقی) تصویر حقیقی و $i > 0$ است و اگر تصویر در طرف (۱) یعنی در طرف جسم (طرف مجازی) افتاد تصویر مجازی و $i < 0$ است.

۲- شعاع انحنای مثبت است اگر مرکز انحنا سطح در طرف حقیقی باشد و اگر در طرف مجازی باشد شعاع انحنای منفی است.



۳- اگر یک جسم را در برابر سطح شکاننده کروی قرار داده‌ایم که مسلماً حقیقی است. $O > 0$. اما اگر جسم مجازی باشد $O < 0$ است.



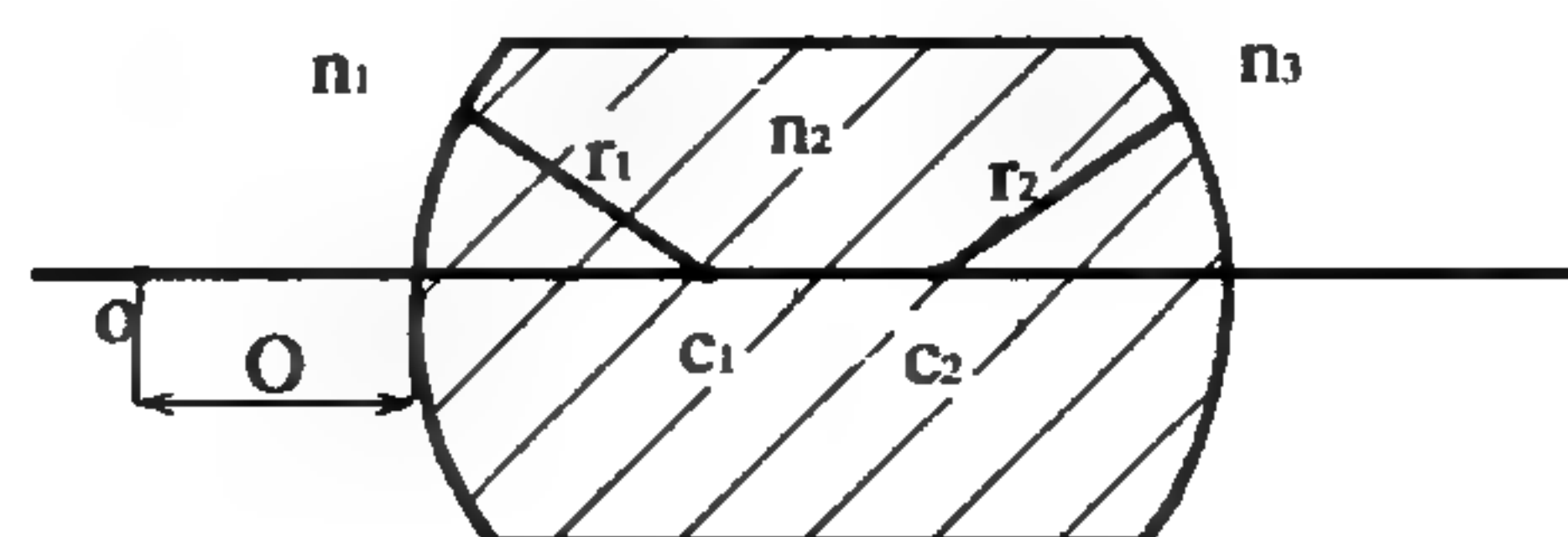
$$O_2 = L - i_1 < 0$$

در این حالت O_2 برای سطح شکاننده یک جسم مجازی است.

۳-۷ عدسی ضخیم

یک عدسی از دو سطح شکاننده کروی تشکیل شده است. اگر فاصله جسم تا سطح اول O و فاصله تصویر آن (I') تا سطح اول i' باشد داریم :

$$\frac{n_1}{O} + \frac{n_2}{i'} = \frac{n_2 - n_1}{r_1}$$



که r_1 شعاع سطح شکاننده اول است. اگر L فاصله میان دو سطح باشد تصویر I' به عنوان شیء O' برای سطح دوم است و $O' = L - i'$ (اگر $O' > 0$ باشد جلوی سطح دوم افتاده و شیء حقیقی است و اگر $O' < 0$ در پشت سطح دوم افتاده و مجازی است). برای به دست آوردن i فاصله تصویر نهایی (I) تا سطح دوم داریم:

$$\frac{n_2}{O'} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r_2}$$

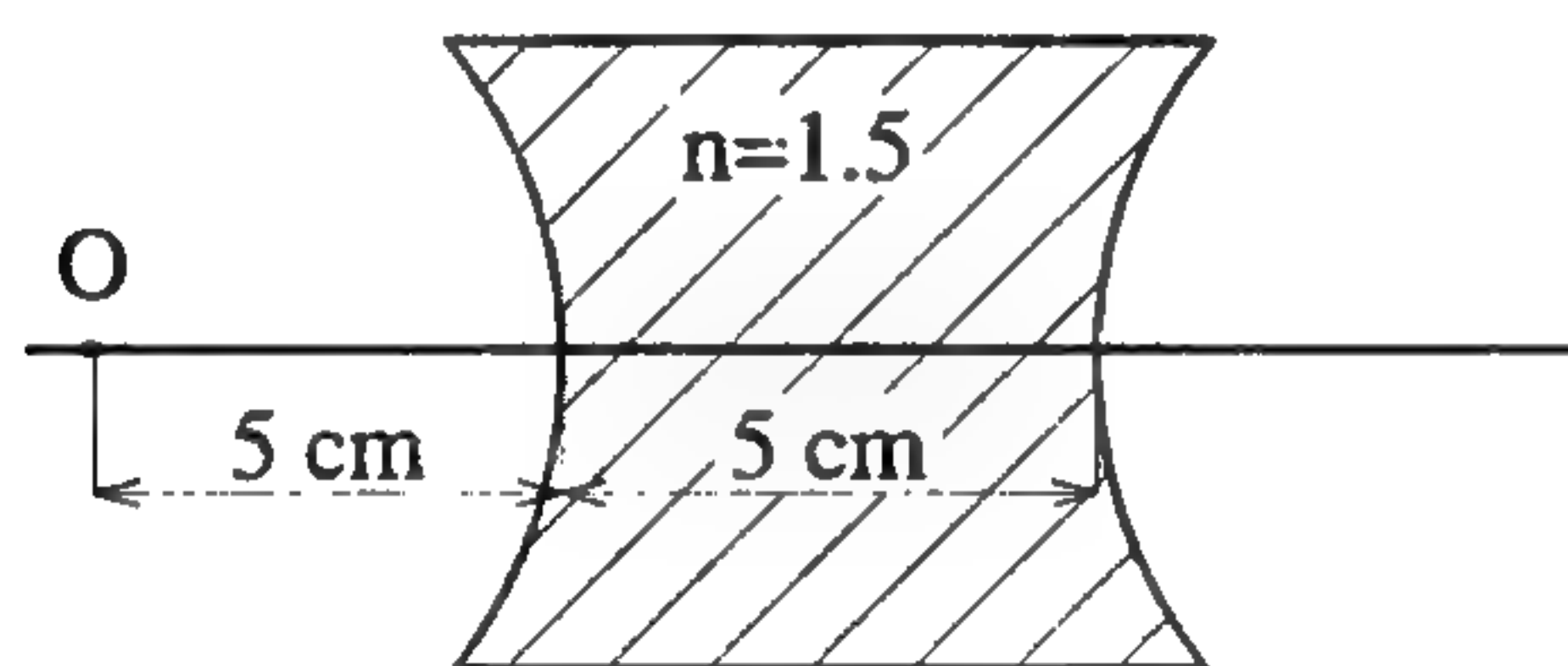
معمولاً $n_1 = n_2 = 1$ و اگر عدسی در هوا قرار گرفته باشد $n_2 = n_1 = 1$.

- اگر تصویر پس از سطح دوم بیافتد تصویر حقیقی ($i > 0$) و اگر تصویر قبل از سطح دوم بیافتد تصویر مجازی است $i < 0$.

- برای تعیین علامت شعاعهای r_1 و r_2 مثل قبل عمل می‌کنیم. به عنوان مثال در شکل بالا

$r_1 > 0$ و $r_2 < 0$ است.

مثال نوع تصویر و فاصله آن از سطح دوم عدسی زیر را به دست آورید. شعاع انحنا هر دو طرف ۱۰ سانتیمتر است.

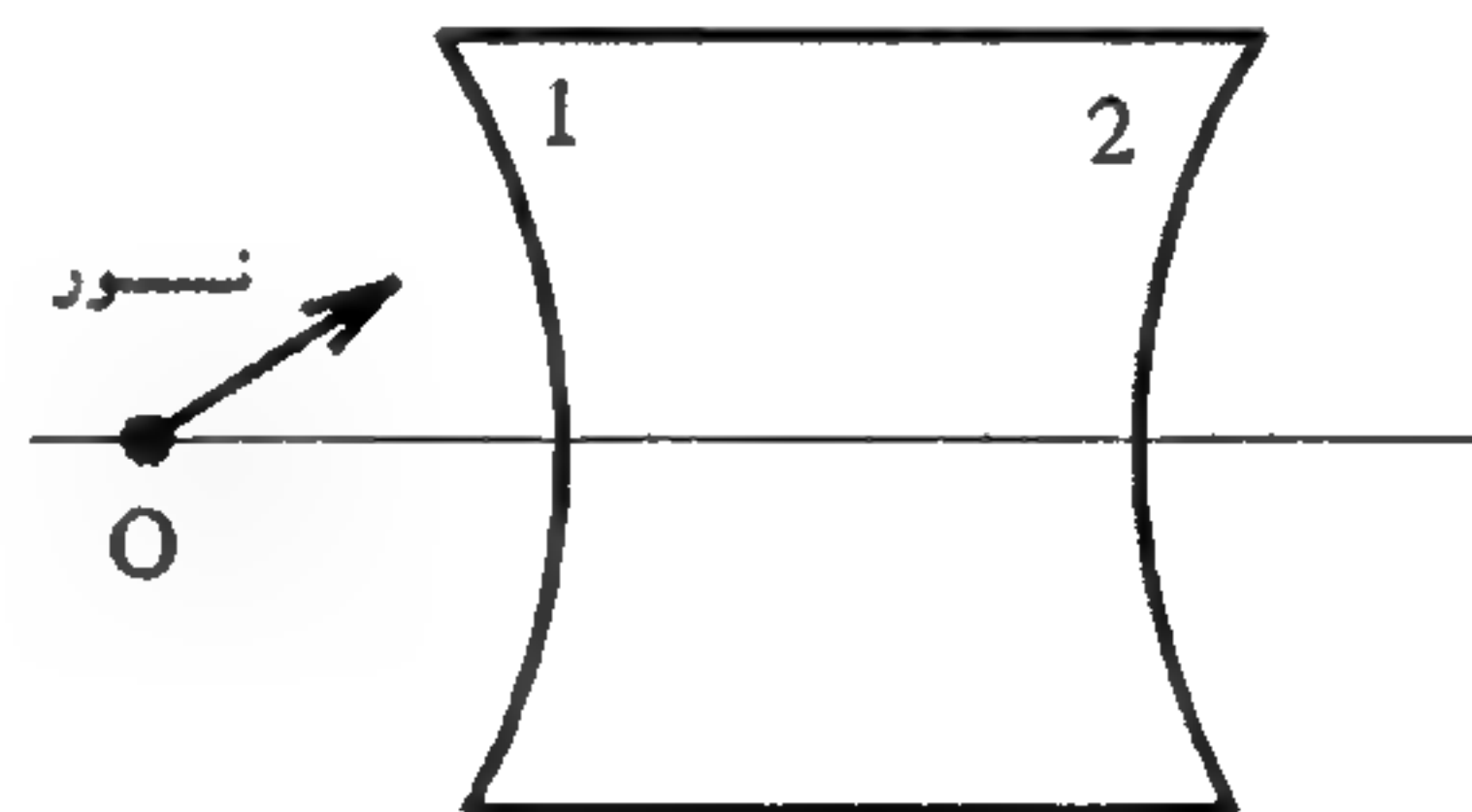


پاسخ) عدسی در هوا قرار دارد و $n_1 = n_2 = 1$ و $n_2 = 1/5$

$$r_1 = -10 \text{ Cm و } r_2 = +10 \text{ Cm و } L = 5 \text{ Cm}$$

$$\frac{1}{5} + \frac{1/5}{i'} = \frac{1/5 - 1}{-10}$$

$$\Rightarrow \frac{1/5}{i'} = \frac{-1}{20} - \frac{1}{5} \Rightarrow i' = -6 \text{ Cm}$$



بنابراین تصویر O در سطح ۱ یک تصویر مجازی و در ۶ Cm طرف چپ (در طرف جسم یعنی

طرف مجازی) قرار دارد. اما این تصویر به عنوان شیء برای سطح دوم یک شیء حقیقی است.

$$O' = L - i' = 5 - (-6) = +11 \text{ Cm}$$

$$\frac{1/5}{11} + \frac{1}{i} = \frac{1 - 1/5}{10} \Rightarrow \frac{1}{i} = \frac{-1}{20} - \frac{1/5}{11} \Rightarrow i = -5/36 \text{ Cm}$$

بنابراین تصویر مجازی و در ۵/۳۶ Cm سمت چپ سطح دوم و یا در ۰/۳۶ Cm سمت چپ

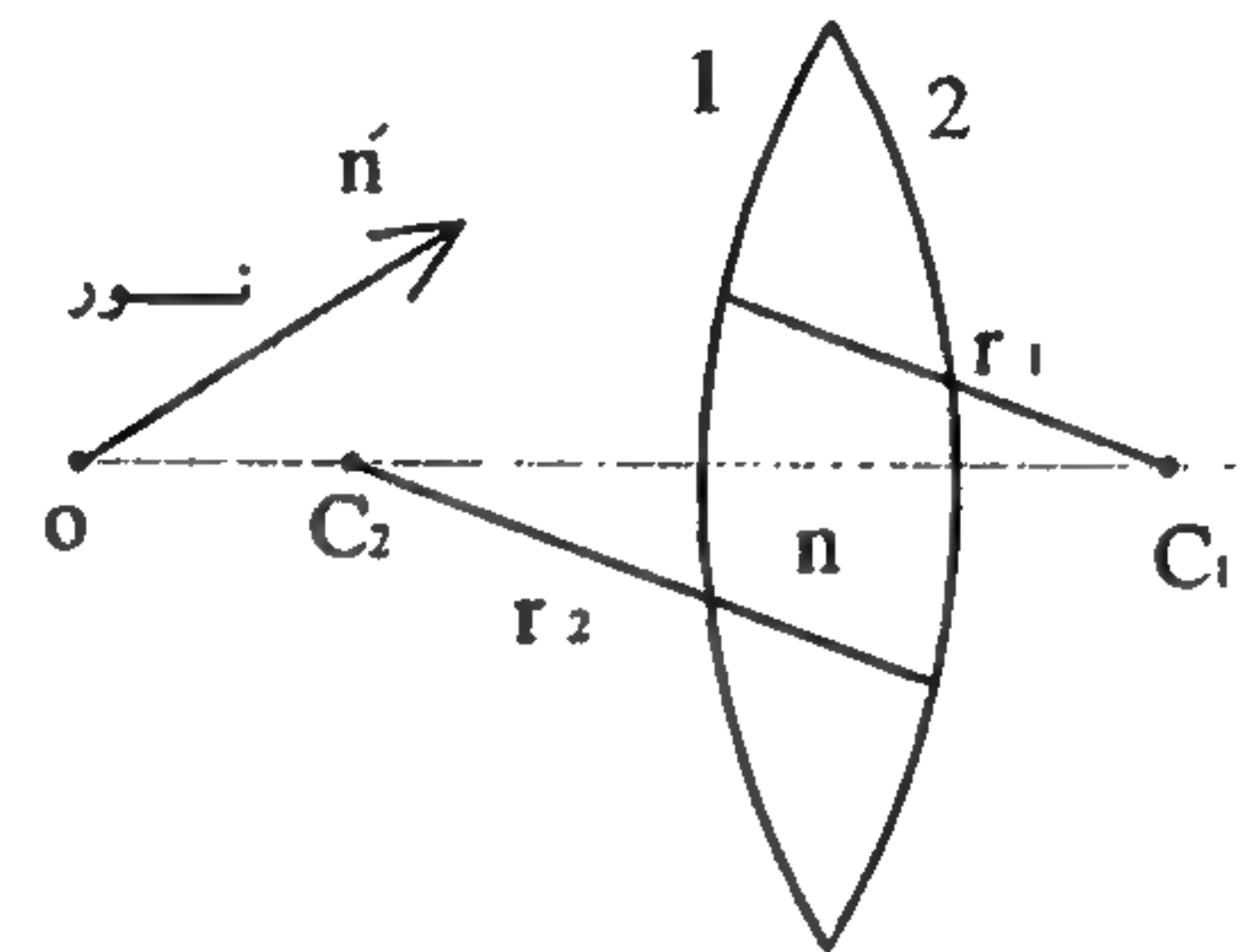
سطح اول قرار دارد.

۸-۳ عدسی نازک

در عدسی نازک L فاصله میان دو سطح شکننده کروی به قدری کم است که از آن صرف نظر می‌کنیم. یک عدسی نازک به ضریب شکست n و شعاع انحنا r_1 و r_2 در محیطی با ضریب شکست n' در نظر می‌گیریم سطح ۱ را سطحی انتخاب کردیم که نور آمده از جسم ابتدا به آن سطح برخورد می‌کند.

تصویر در سطح اول

$$\frac{n'}{O} + \frac{n}{i'} = \frac{n-n'}{r_1} \quad (1)$$



I' را به عنوان شیء برای سطح دوم می‌گیریم: ($L \approx 0$)

$$O' = L - i' \approx -i'$$

$$\text{تصویر در سطح دوم} \quad \frac{n}{(-i')} + \frac{n'}{i} = \frac{n'-n}{r_2} \quad (2)$$

از جمع دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{n'}{O} + \frac{n'}{i} = (n-n')\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

اگر عدسی نازک در هوا باشد ($n' = 1$):

$$\frac{1}{O} + \frac{1}{i} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

O فاصله جسم و i فاصله تصویر نهایی از مرکز عدسی است. این معادله وقتی صدق می‌کند که پرتوها پیرامحوری بوده و L به قدری کوچک باشد که فرقی نکند که O و i نسبت به کدام سطح اندازه‌گیری می‌شوند.

فاصله کانونی

اگر $O = \infty$ باشد مکان تصویر را کانون عدسی می‌گوییم (F). و فاصله آن را از مرکز عدسی فاصله کانونی عدسی می‌نامیم.

$$O = \infty \Rightarrow i = f \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

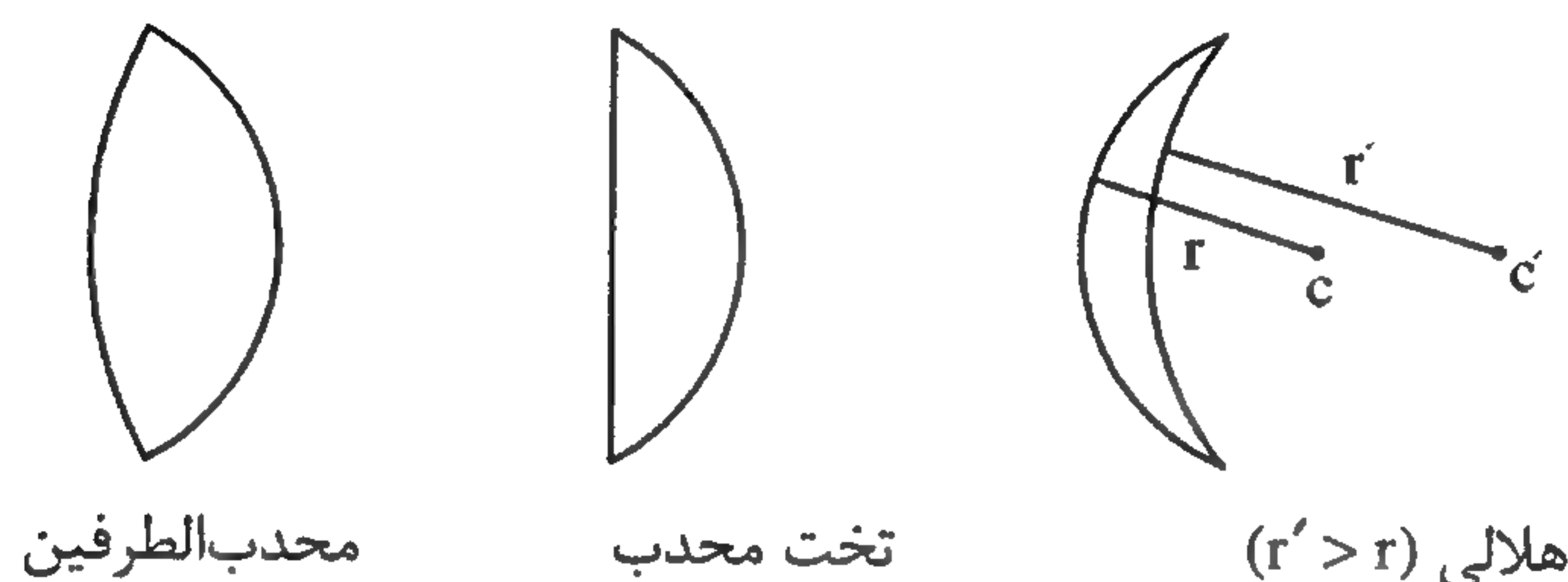
$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (\text{فرمول عدسی سازان})$$

* نکته : مشخص است هر چه ضریب شکست عدسی برای طول موج خاص بیشتر باشد فاصله کانونی آن طول موج کمتر است.

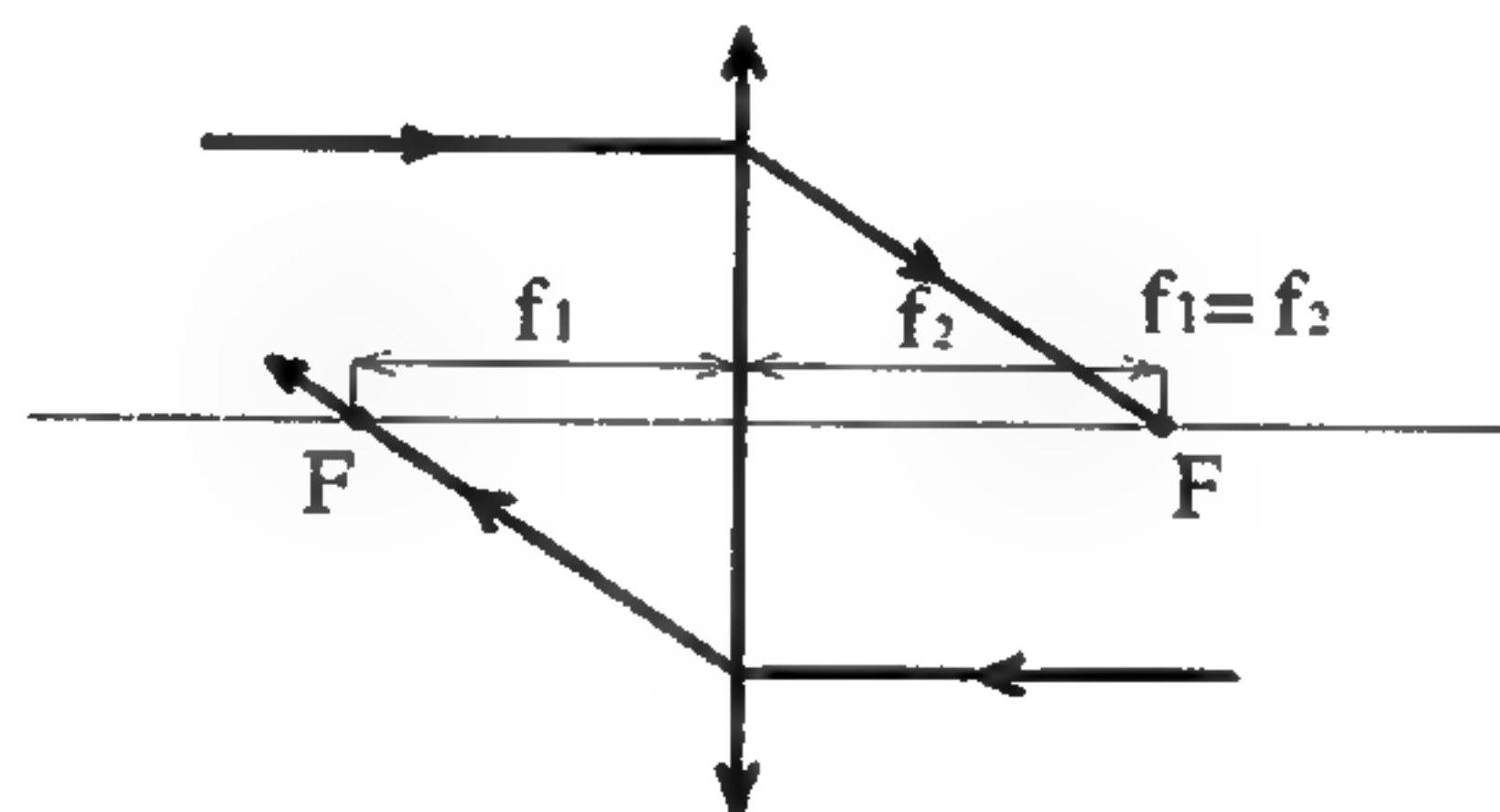
$$n \uparrow \Rightarrow f \downarrow$$

عدسی همگرا

اگر $f > 0$ باشد عدسی همگرا است. پرتوهای موازی با محور اصلی پس از عبور از عدسی در نقطه‌ای بر محور اصلی که همان کانون اصلی عدسی همگرا است جمع می‌شوند.
سه نوع عدسی همگرا عبارتند از :

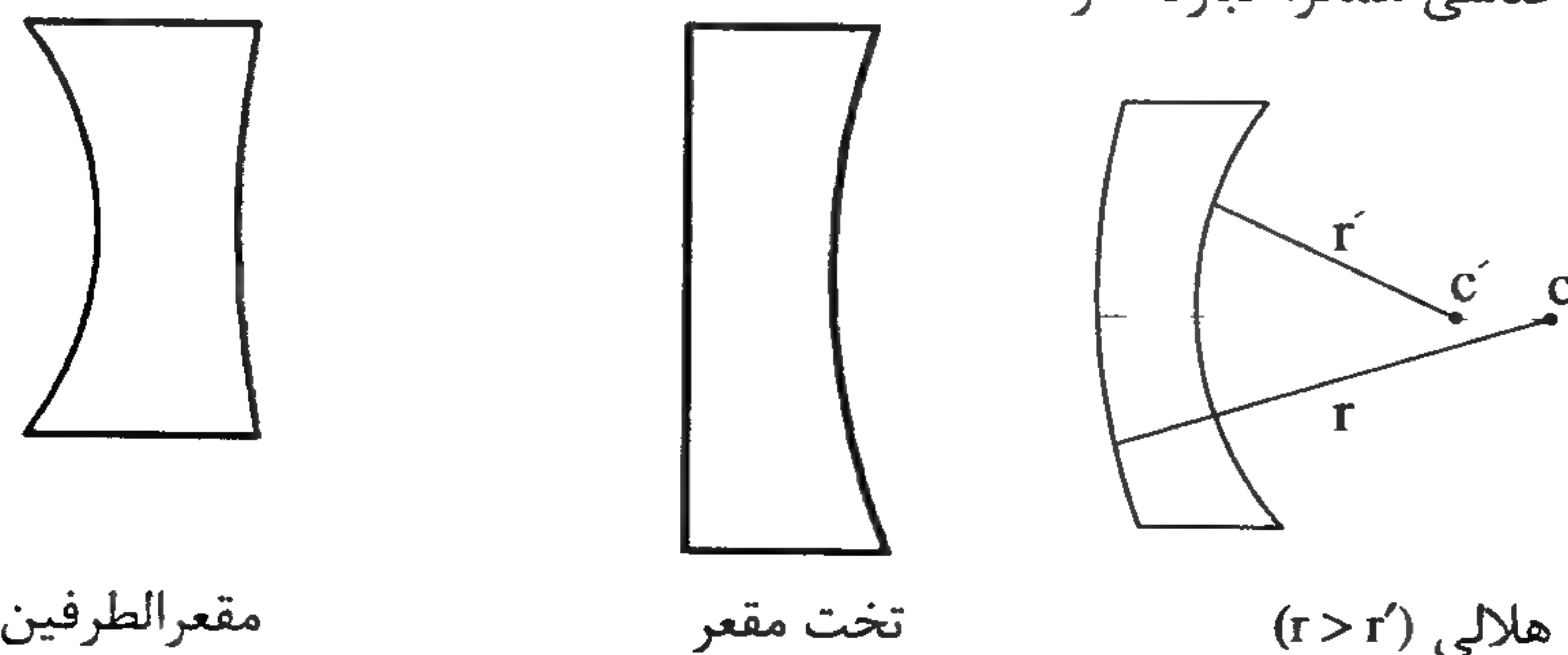


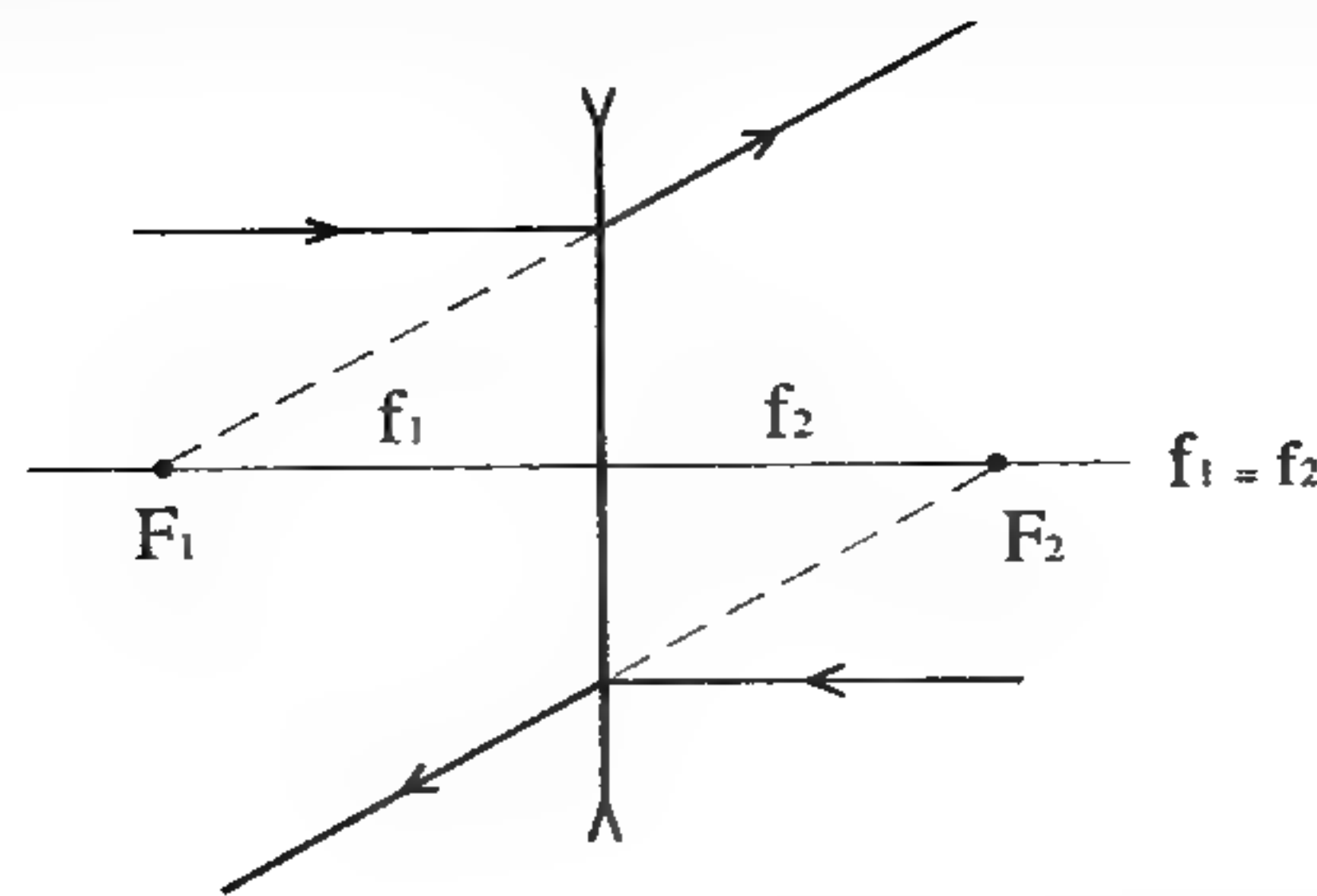
هر سطح را که سطح ۱ و دیگری را سطح ۲ بگیریم نتیجه یکی خواهد بود. به عبارتی فاصله کانونی در دو طرف عدسی با هم برابر است.



عدسی واگرا

اگر $f < 0$ باشد عدسی واگراست. پرتوهای موازی با محور اصلی پس از عبور از عدسی به گونه‌ای واگرا می‌شوند که گویا از نقطه بر روی محور اصلی که همان کانون اصلی عدسی است آمده‌اند.
سه نوع عدسی همگرا عبارتند از :

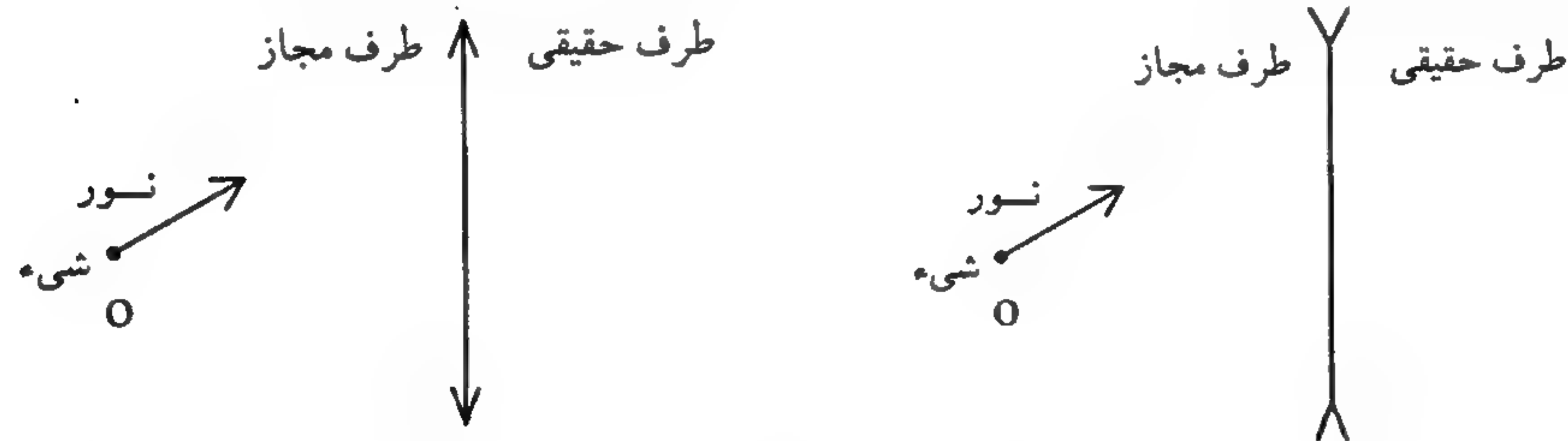




بنابراین قراردادهای زیر را برای علامتها داریم:

۱- برای عدسی همگرا $f > 0$ و برای عدسی واگرا $f < 0$ است (البته برای r_1 و r_2 در فرمول عدسی سازان مانند قبل در مورد عدسی ضخیم عمل می‌کنیم).

۲- اگر تصویر حقیقی باشد $i > 0$ بوده و در طرف حقیقی است و اگر تصویر مجازی باشد $i < 0$ بوده و در طرف مجاز است.



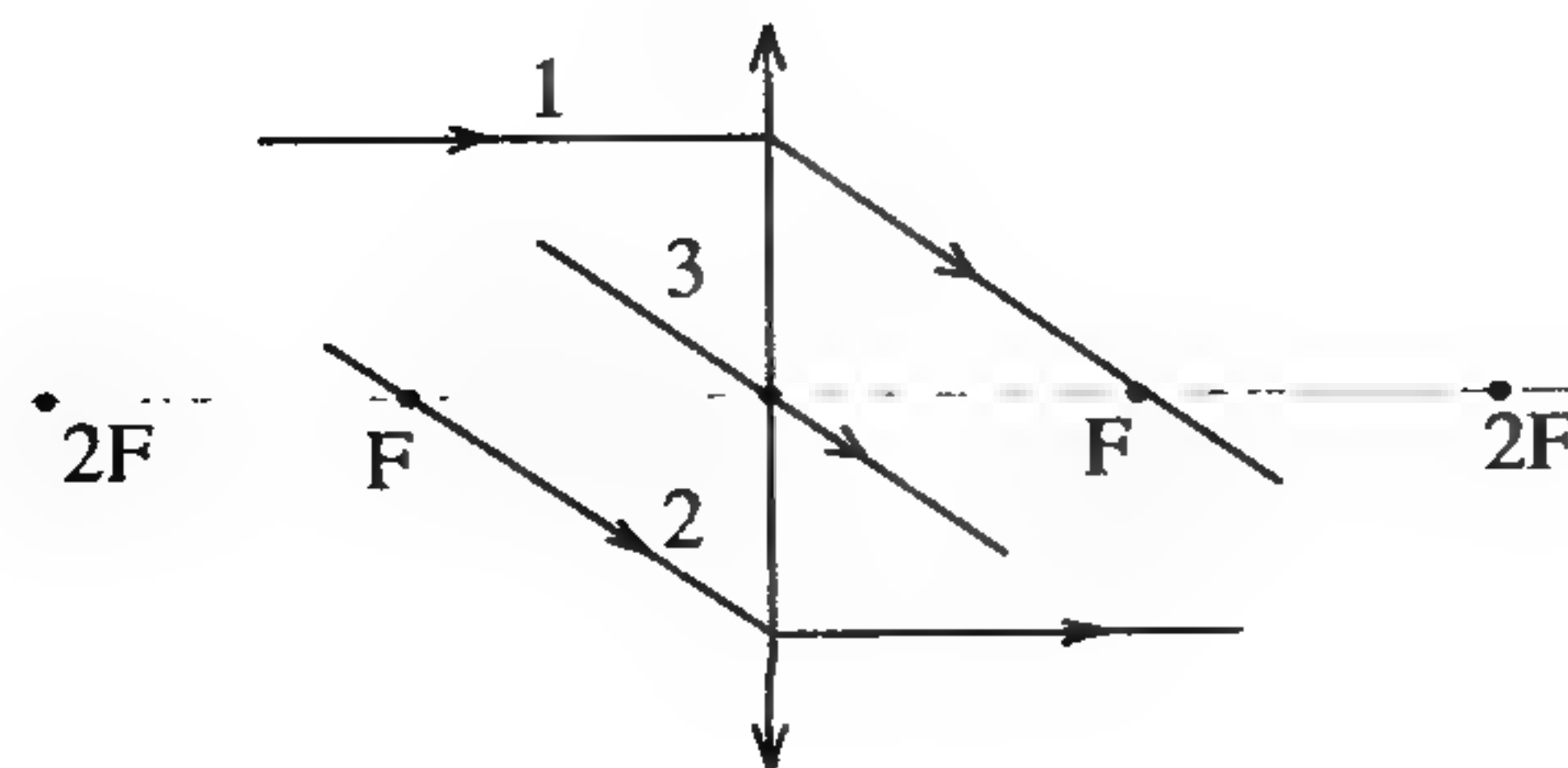
۳- اگر شیء حقیقی باشد (پرتوها به صورت واگرا از جسم به طرف عدسی می‌روند) O مثبت است و اگر شیء مجازی باشد (پرتوها به صورت همگرا به عدسی برخورد می‌کنند) O منفی است.

بزرگنمایی $m = \frac{-i}{O}$ بزرگنمایی

۹-۳ رسم پرتوها

برای رسم تصاویر می‌توان از رسم پرتوهایی که از کانون اصلی، مرکز عدسی آمده‌اند و یا از پرتوهایی که موازی با محور اصلی به سمت عدسی می‌آیند استفاده کرد.

الف) عدسی همگرا

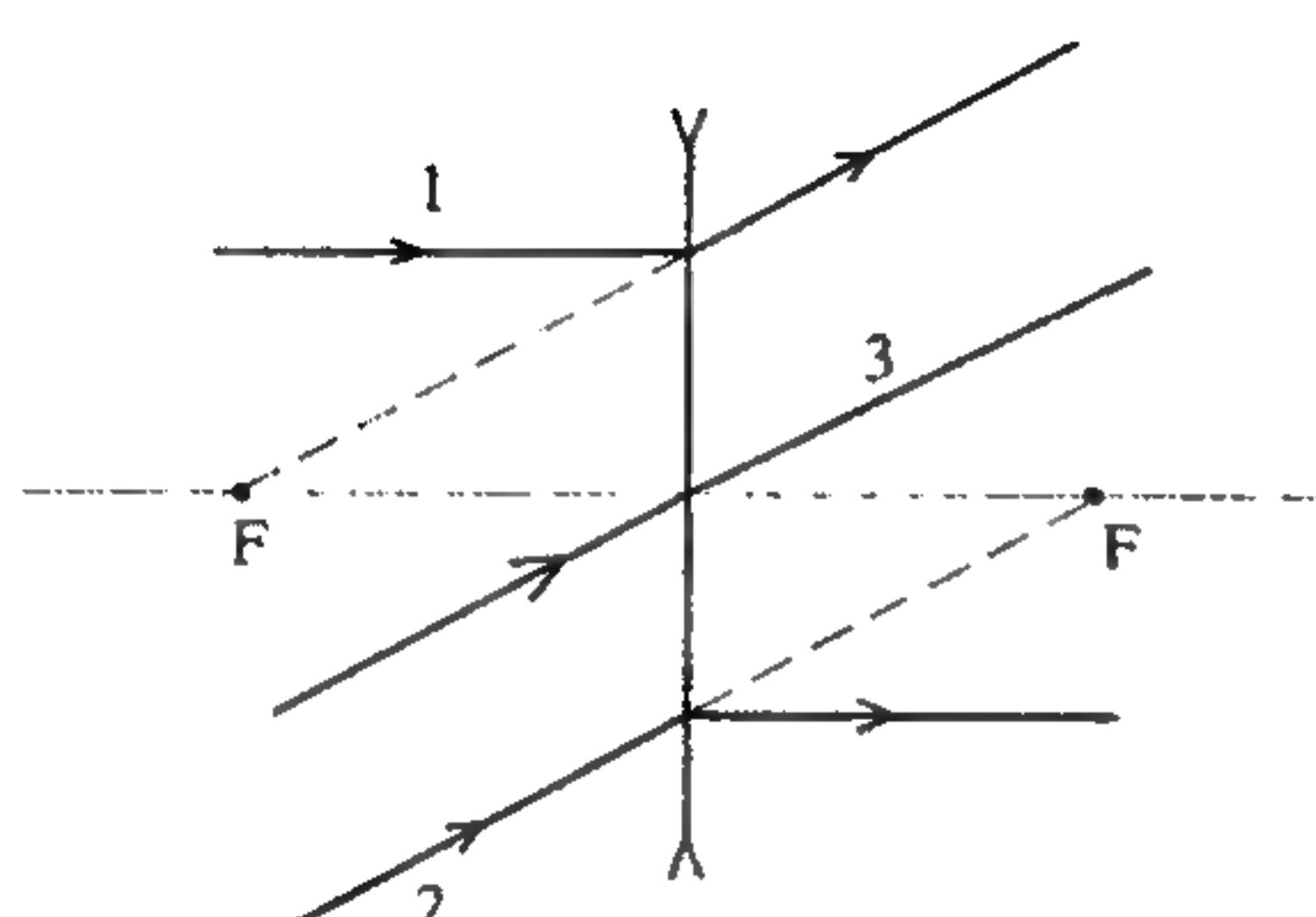


- ۱- پرتویی که از بی‌نهایت و موازی با محور اصلی به عدسی برخورد می‌کند، پس از عبور از کانون اصلی عدسی می‌گذرد. ($O = \infty \Rightarrow i = f$)

۲- پرتویی که از کانون اصلی عبور کند پس از عبور از عدسی موازی با محور اصلی خواهد بود. ($0 = f \Rightarrow i = \infty$)

۳- پرتویی که از مرکز عدسی بگذرد بدون انحراف عبور می‌کند.

ب) عدسی واگرا



۱- پرتویی که از بی نهایت و موازی با محور اصلی آمده است پس از عبور از عدسی به گونه‌ای از محور اصلی دور می‌شود که گویا از کانون اصلی در جلوی عدسی آمده است.

۲- پرتویی که به سمت کانون اصلی در پشت عدسی می‌رود پس از خروج موازی با محور اصلی خواهد بود.

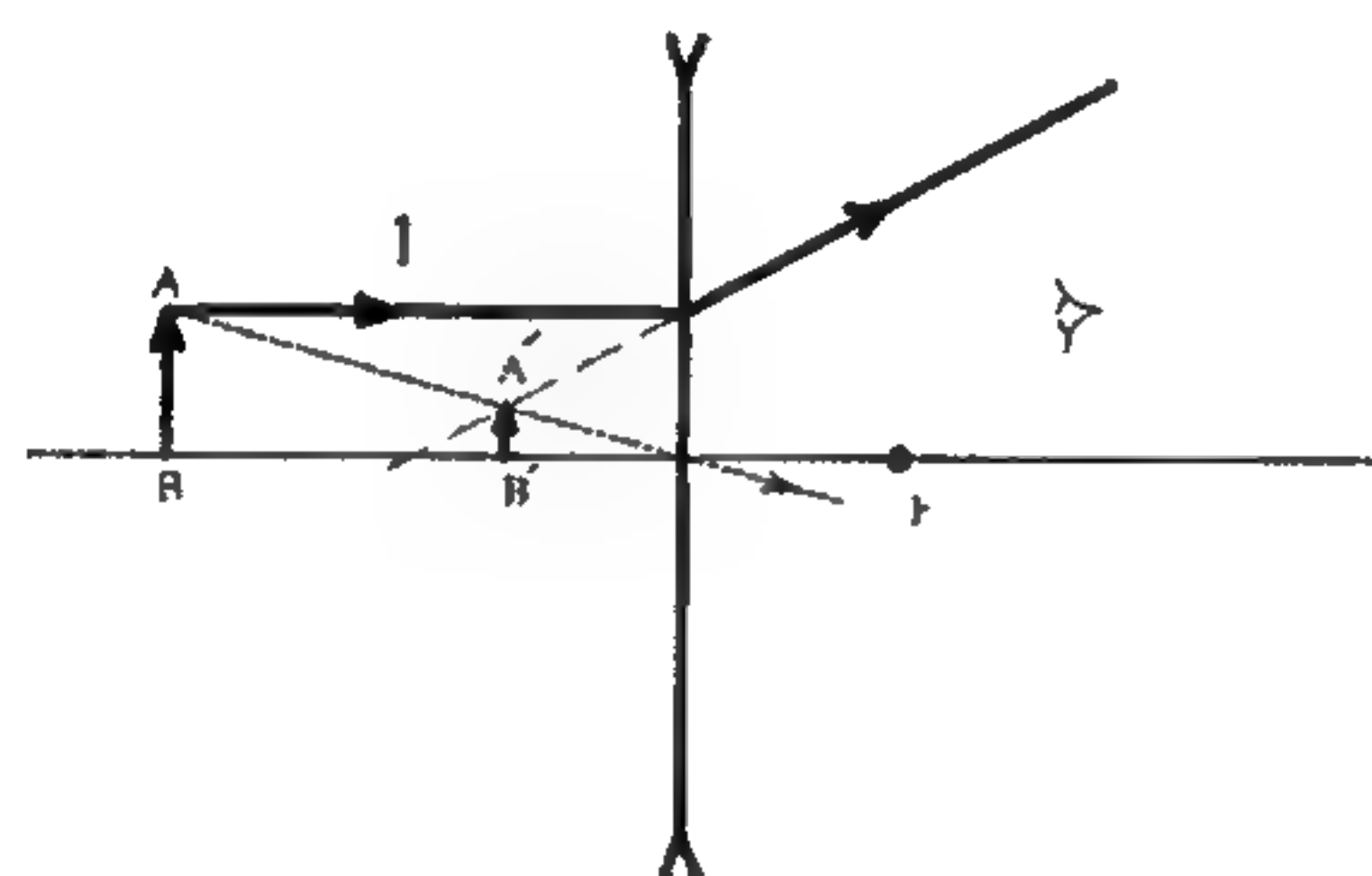
۳- پرتویی که از مرکز عدسی می‌گذرد بدون انحراف عبور می‌کند.

۱۰- ۳ خصوصیات تصاویر

ابتدا به بررسی تصویر ناشی از شیء حقیقی می‌پردازیم.

الف) در عدسی واگرا، تصویر مجازی، مستقیم، کوچکتر و همیشه در فاصله کانونی تشکیل

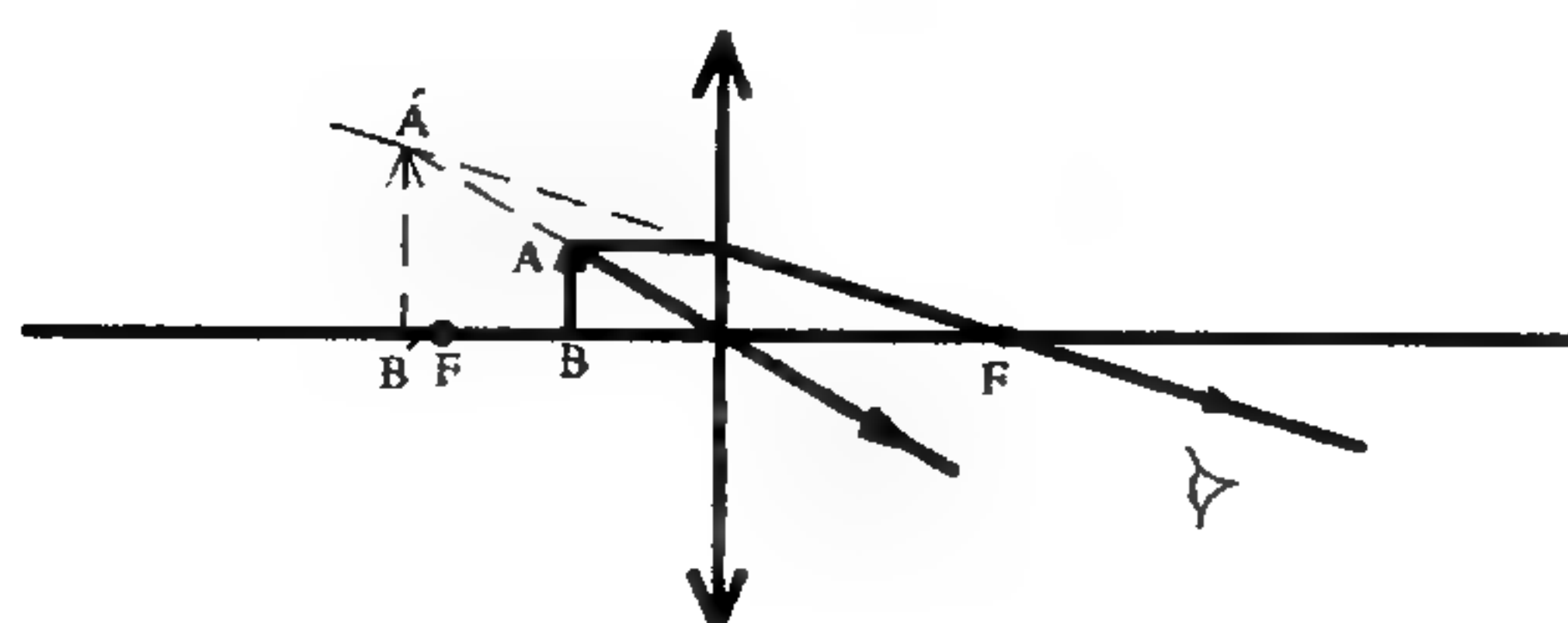
$$\text{می‌شود. } i < 0 \Rightarrow m = \frac{-i}{O} > 0$$



ب) تصویر ناشی از یک جسم حقیقی در عدسی همگرا بسته به مکان جسم ممکن است حقیقی یا مجازی باشد.

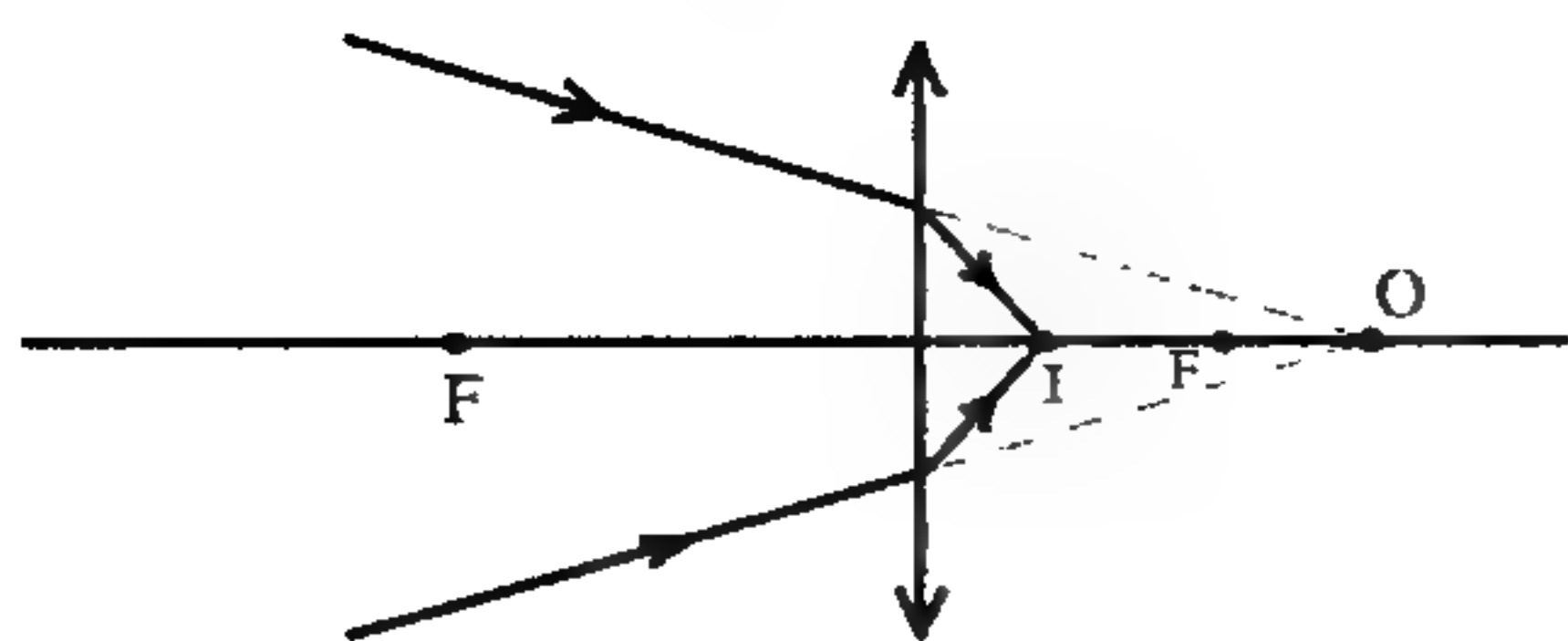
در حالتی که $0 < f$ است تصویر مجازی، مستقیم و بزرگتر است ($i < 0$).

$$m > 1 \text{ و } m = -\frac{i}{O} > 0$$



در بقیه حالات تصویر حقیقی و وارون است، $i > 0$ بود و $m < 0$ است. بررسی بزرگی و یا کوچکی تصویر نسبت به شیء و مکان آن را در حالات مختلف به عهده خواننده می‌گذاریم.

حال به بررسی تصویر یک شی مجازی می پردازیم.



الف) در عدسی همگرا ($f > 0$)

عدسی همگرا از یک شی مجازی (پرتو همگرا)

یک تصویر حقیقی می دهد.

$$0 < \cdot \Rightarrow O = -|O| \Rightarrow \frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-|O|} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{i} = \frac{1}{|O|} + \frac{1}{f} \Rightarrow i > 0$$

ب) در عدسی واگرا ($f < 0$)

$$f < 0 \Rightarrow f = -|f| \text{ و } 0 < \cdot \Rightarrow O = -|O|$$

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{O} \Rightarrow \frac{1}{i} = \frac{1}{-|f|} - \frac{1}{-|O|} \Rightarrow i = \frac{|O||f|}{|f| - |O|}$$

بنابراین اگر $|f| > |O|$ باشد تصویر حقیقی و اگر $|f| < |O|$ باشد تصویر مجازی است.

۱۱- ۳ توان عدسی

توان عدسی نشان دهنده توانایی عدسی در همگرایی نور است. هر چه توان عدسی بیشتر باشد فاصله کانونی عدسی کمتر است، به عبارتی نور را در فاصله نزدیکتری از عدسی، متمرکز می کند :

$$F = \frac{1}{f} \text{ توان عدسی}$$

در معادله توان، f فاصله کانونی بر حسب متر و F بر حسب دیوپتر است. توان عدسی واگرا منفی

است و هرچه $|f|$ کمتر باشد $|F|$ بیشتر است و چون F منفی است توان کمتری دارد و نشان می دهد که نور بیشتر واگرا می شود.

عدسیهای مرکب

اگر دو عدسی نازک با توان F_1 و F_2 به هم چسبانده شوند برای عدسی مرکب داریم :

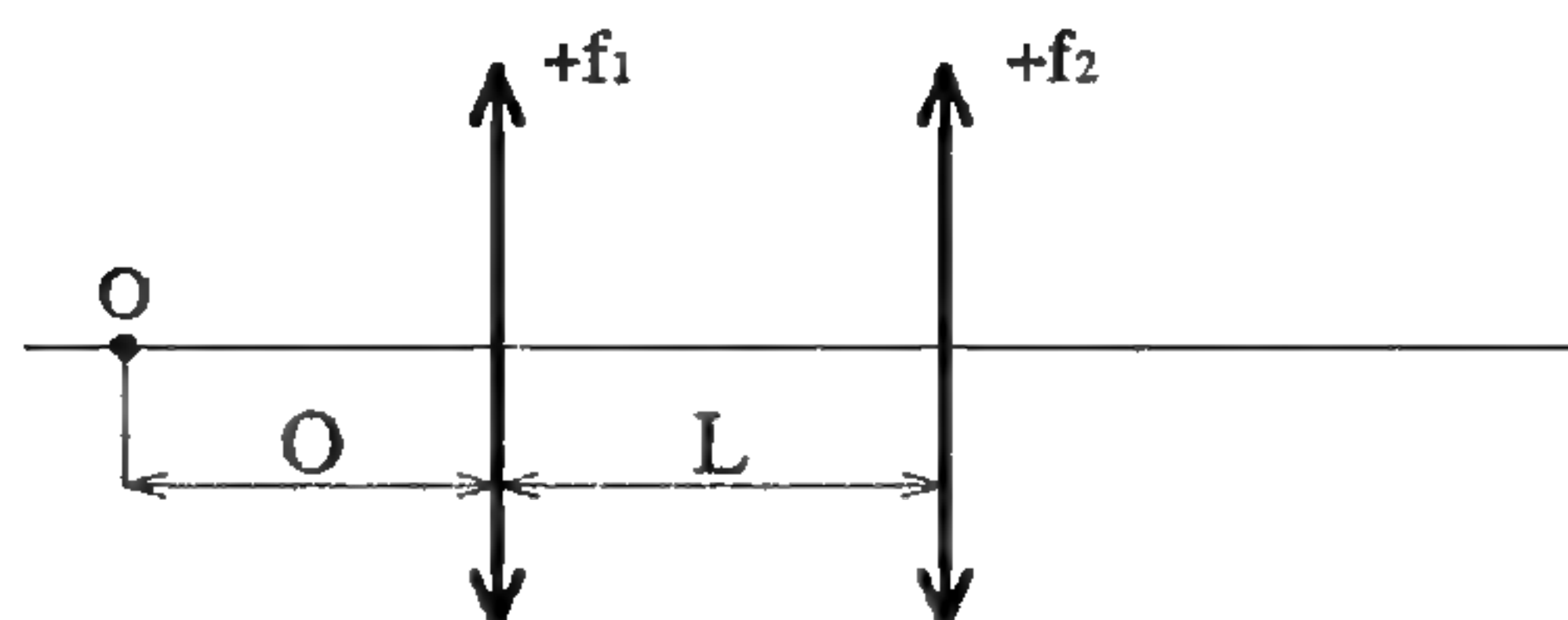
$$F = F_1 + F_2 \quad \text{و} \quad \left[\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \right]$$

۱۲- ۳ ترکیب عدسیها

برای به دست آوردن تصویر یک شی که در مقابل دو یا چند عدسی قرار دارد، ابتدا تصویر شی

را در عدسی اول به دست می آوریم، تصویر مذکور شی جدید برای عدسی دوم است که اگر در جلوی

عدسی دوم باشد حقیقی است و اگر در پشت عدسی دوم باشد مجازی است. به عنوان مثال در شکل تصویر شیء O را که به فاصله O از عدسی اول با فاصله کانونی f_1 است به دست می آوریم :



i' به دست می آید $\Rightarrow \frac{1}{O} + \frac{1}{i'} = \frac{1}{f_1}$ تصویر در عدسی اول

$O' = L - i'$ (تصویر I' به عنوان شیء برای عدسی دوم)

$$\frac{1}{O'} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f_2}$$

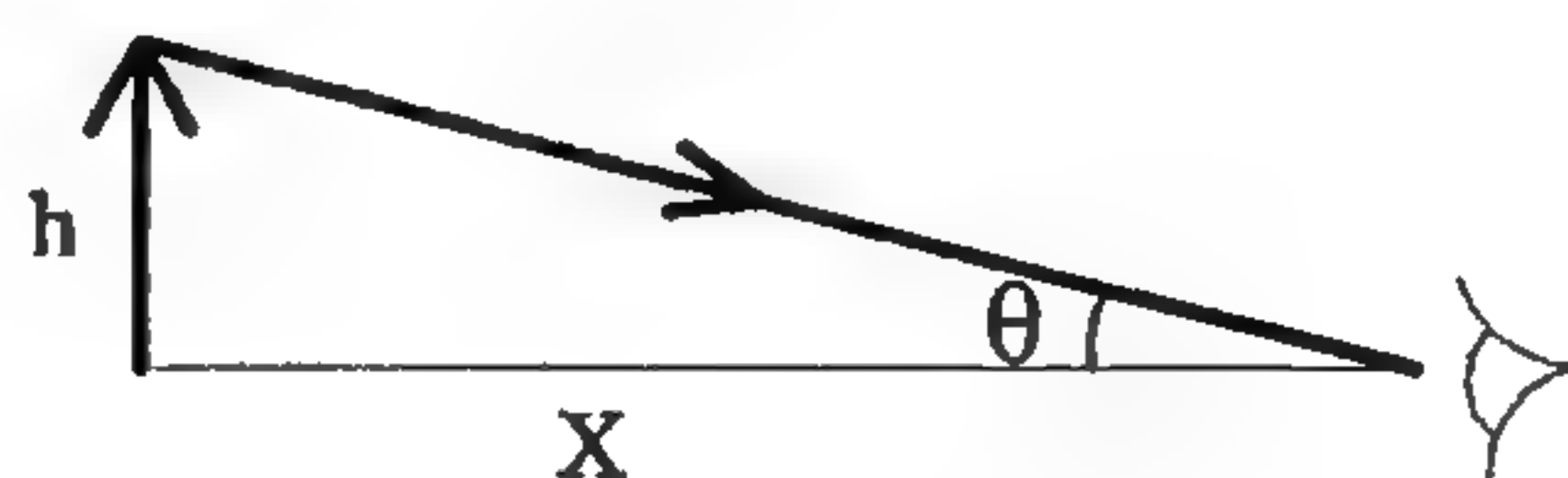
i فاصله تصویر نهایی (یعنی I) از عدسی دوم است. اگر تصویر حقیقی باشد $i > 0$ و تصویر نهایی پس از عدسی دوم است و اگر تصویر مجازی باشد $i < 0$ و تصویر نهایی قبل از عدسی دوم است.

۱۳-۳ اسبابهای اپتیکی

چند دستگاه اپتیکی ساده را بررسی می کنیم.

الف) ذره بین ساده (لندی گوی)

جسمی با ارتفاع h که در فاصله x از چشم ما قرار دارد تحت زاویه $\theta \approx \frac{h}{x}$ دیده می شود. نزدیکترین فاصله جسم از چشم که واضح دیده می شود (معمولاً) $x = 25 \text{ Cm}$ است.

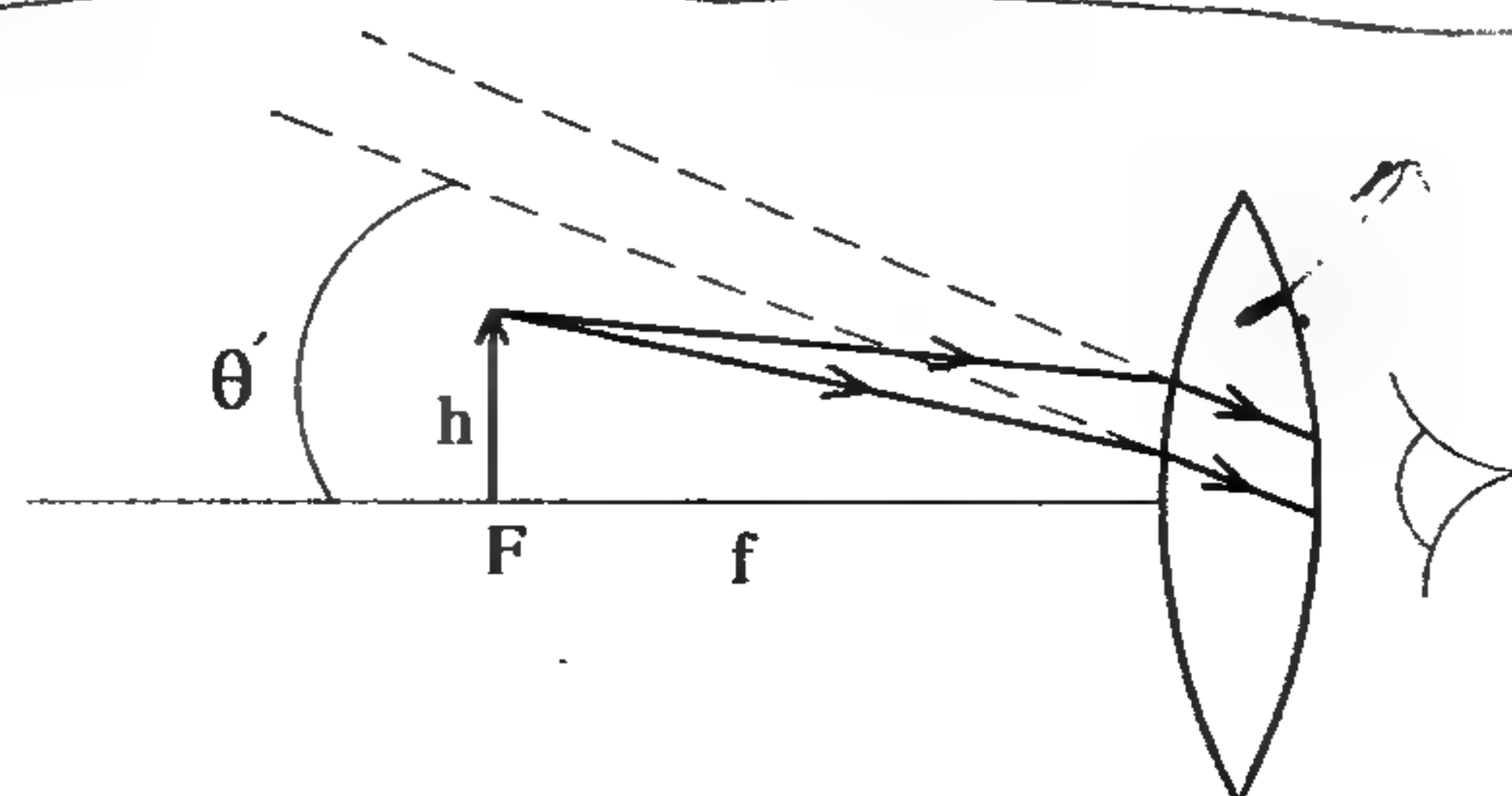


حال اگر از پشت ذره بین به جسم نگاه کنیم و جسم را در کانون عدسی قرار دهیم تصویری را مشاهده می کنیم که در بی نهایت است و تحت زاویه θ' دیده می شود.

$$\theta' \approx \frac{h}{f}$$

بزرگنمایی زاویه ای

$$m_\theta = \frac{\theta'}{\theta} \equiv \frac{25 \text{ Cm}}{f}$$

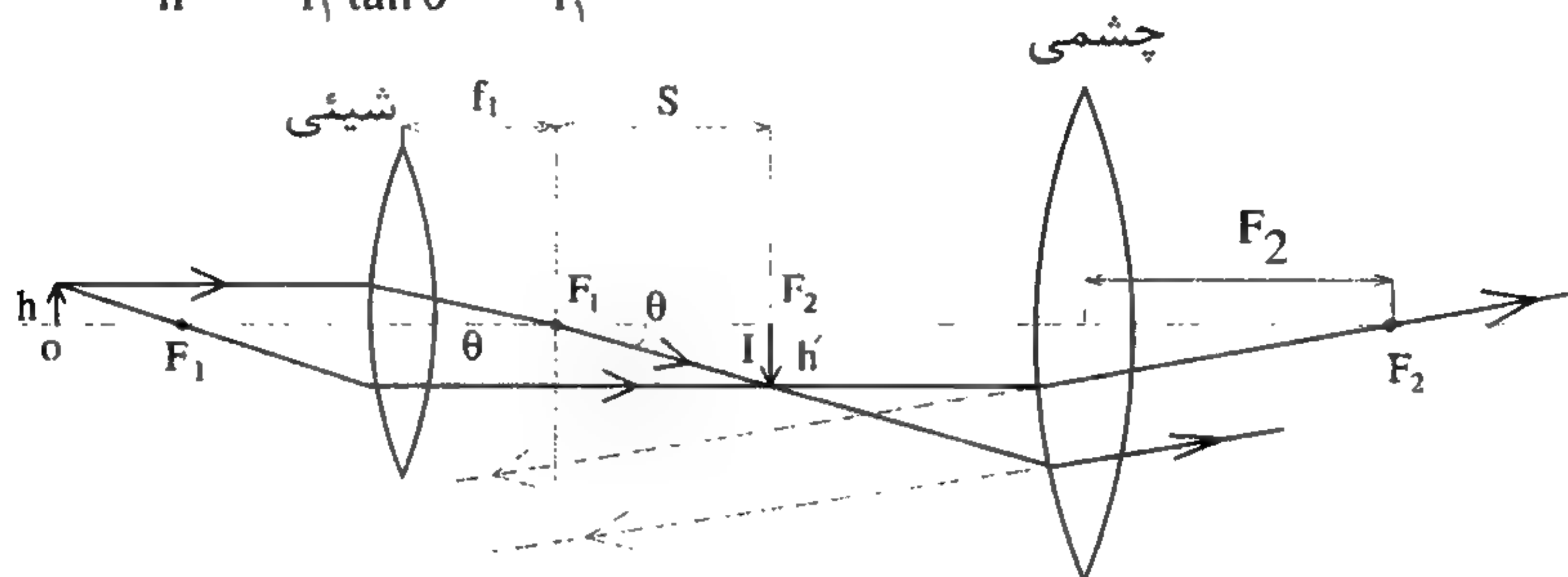


البته ابیراهی عدسی باعث می‌شود که بزرگنمایی عدسیهای همگرا کننده ساده، از چند برابر تجاوز نکند.

ب) میکروسکوپ

شکل ساده‌ای از میکروسکوپ از دو عدسی تشکیل شده است. عدسی شیئی با فاصله کانونی f_1 یک تصویر حقیقی و معکوس به طول h' از شیئی به طول h می‌دهد.

$$m = \frac{h'}{h} = -\frac{s \tan \theta}{f_1 \tan \theta} = -\frac{s}{f_1}$$



فاصله s را طوری انتخاب می‌کنیم که تصویر I ناشی از O در عدسی اول روی F_2 یعنی کانون عدسی چشمی بیافتد که بزرگنمایی زاویه‌ای عدسی چشمی m_θ است. بنابراین M بزرگنمایی میکروسکوپ عبارت است از :

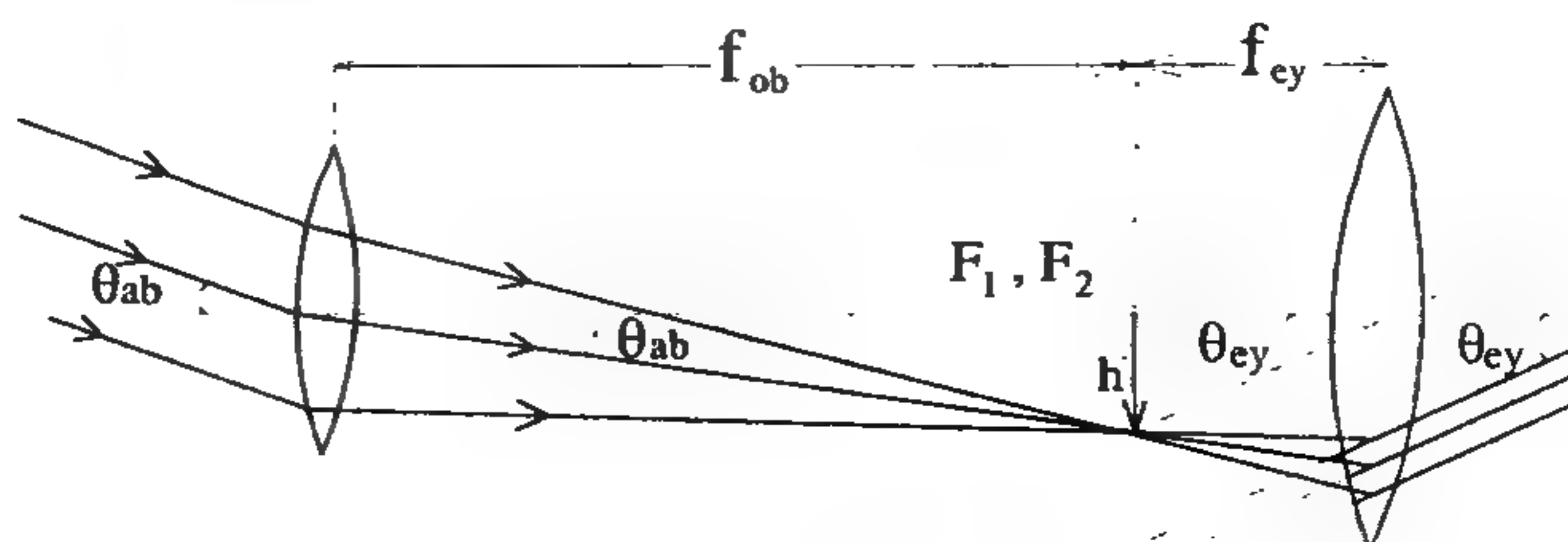
$$M = m \times m_\theta = \left(-\frac{s}{f_1} \right) \left(\frac{25 \text{ Cm}}{f_2} \right)$$

فاصله بین دو کانون

ج) تلسکوپ

شکل ساده‌ای از یک تلسکوپ شکستی از دو عدسی شیئی و چشمی تشکیل شده است. کانون عدسی شیئی بر روی کانون عدسی چشمی قرار دارد. پرتوهای موازی که از یک شیء دور (مثلاً ستاره) به عدسی شیئی می‌تابند با محور تلسکوپ زاویه θ_{ob} می‌سازند و یک تصویر حقیقی معکوس در کانون عدسی شیئی ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه این نقطه کانون عدسی چشمی نیز هست، عدسی چشمی تصویری از تصویر مذکور می‌دهد که در بی‌نهایت تشکیل می‌شود. پرتوها مشخص‌کننده این تصویر با محور تلسکوپ زاویه θ_{ey} می‌دهند.

$$\theta_{ey} = -\frac{h'}{f_{ey}}, \quad \theta_{ob} = \frac{h'}{f_{ob}} \Rightarrow m_\theta = \frac{\theta_{ey}}{\theta_{ob}} = -\frac{f_{ob}}{f_{ey}}$$

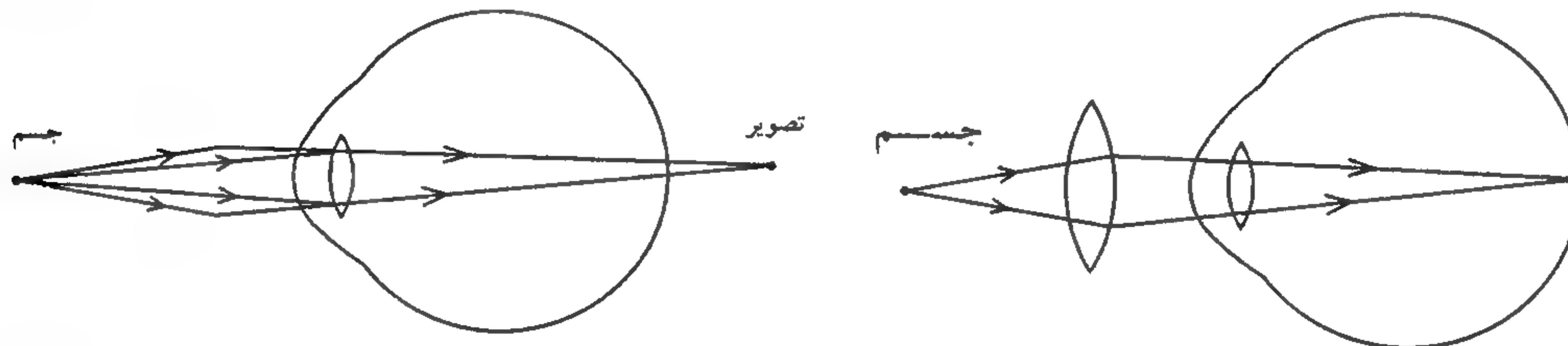


۱۴-۳ چشم

میزان فاصله طبیعی دید (با عمل تطابق) از بی‌نهایت تا فاصله ۲۵ سانتیمتری چشم است. برای آنکه یک جسم را به طور واضح ببینیم، اگر جسم دور باشد، فاصله کانونی عدسی چشم زیاد می‌شود (ضخامت عدسی چشم کم می‌شود) تا تصویر بر روی پرده شبکیه بیافتد. اما اگر جسم نزدیک باشد، فاصله کانونی چشم کم می‌شود (ضخامت عدسی چشم زیاد می‌شود) تا تصویر بر پرده شبکیه بیافتد.

چشم دوربین

در این حالت چشم جسم نزدیک را به خوبی مشاهده نمی‌کند. تصویر جسم نزدیک در پشت شبکیه می‌افتد. بنابراین باید برای چشم یک عینک با عدسی همگرا به کار برد.



اگر چشم دوربین نتواند جسم نزدیکتر از فاصله L را ببیند و بخواهیم چشم، جسمی را در فاصله p را ببیند، باید برای عینک یک عدسی به کار ببریم که از جسم p یک تصویر در فاصله L بدهد (تصویر مجازی است و $q = -L$).

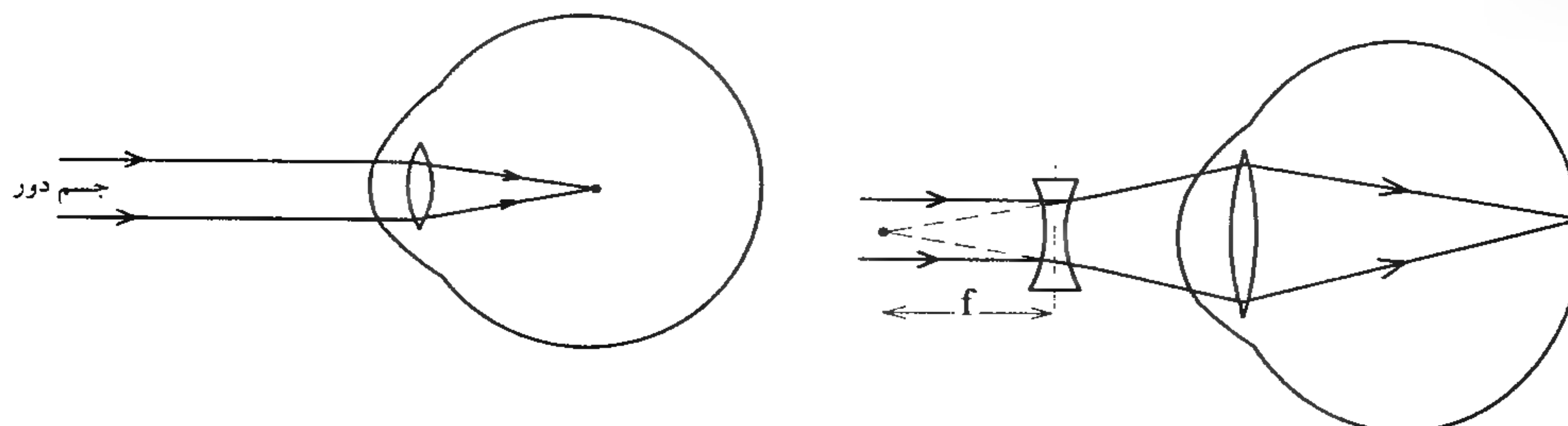
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{-L} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{pL}{L-p}$$

به این ترتیب نمره عینک را خواهیم داشت $F = \frac{1}{f}$ F بر حسب متر و F بر حسب دیوپتر

است).

چشم نزدیک بین

در این حالت چشم، جسم نزدیک را خوب می‌بیند ولی جسم دور را خوب نمی‌بیند. تصویر جسم دور در جلوی شبکیه می‌افتد، بنابراین باید عینکی با عدسی واگرا به کار برد تا تصویر روی پرده شبکیه بیافتد.



به عبارتی عدسی واگرا از جسم در دور دست یک تصویر (مجازی) در کانون خود می‌دهد که این تصویر مجازی در دورترین نقطه قابل مشاهده چشم است.

$f = -|f|$ و $\frac{1}{f} = \text{نمره عینک} \Rightarrow |f| = \text{دورترین نقطه قابل مشاهده برای چشم}$

۱۵- ۳ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- با توجه به شکل مقابل برای روشن کردن نقطه B توسط منبع نور A از یک آینه مسطح استفاده می‌کنیم: در این صورت می‌توان گفت: (کنکور کارشناسی ارشد عمران ۸۰)



- ۱- فقط یکی از شعاعهای بازتابش توسط آینه از B می‌گذرد.
- ۲- کلیه شعاعهای نور که از منبع A به آینه می‌تابد، پس از بازتابش به نقطه B می‌رسد.
- ۳- فقط آن شعاع از بازتابش به B می‌رسد که راستای آن نقطه B را به تصویر منبع A در آینه وصل کند.
- ۴- فقط آن شعاعی پس از بازتابش B می‌رسد که نقطه برخورد آن با آینه در راستای عمودی باشد که از نقطه وسط قطعه خط AB بر آینه فرود آید.
- ۲- دو نقطه S و P در مقابل یک آینه مسطح قرار دارند. از نقطه S یک شعاع نور به آینه تابیده بازتاب آن از نقطه P می‌گذرد محل برخورد شعاع تابش با آینه (نقطه تابش) به روش زیر به دست می‌آید.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)


- ۱- از نقاط S و P دو راستا بر آینه عمود می‌کنیم نقطه وسط پای دو عمود را انتخاب می‌کنیم.
- ۲- تصاویر نقاط S و P را نسبت به آینه بدست می‌آوریم محل برخورد عمود منصف S'P' با آینه نقطه مورد نظر است.
- ۳- تصویر نقطه S را نسبت به آینه به دست می‌آوریم آن را به P وصل می‌کنیم تا آینه را قطع کند.
- ۴- عمود منصف قطعه SP را امتداد می‌دهیم تا آینه را قطع کند.
- ۳- آینه تختی به ارتفاع یک متر بر روی دیواری آویزان است شخص به فاصله ۲ متر از این آینه ایستاده است شخص چه ارتفاعی از دیوار پشت سرش را بدون تغییر مکان سرش می‌تواند ببیند؟ فاصله دیوار از آینه ۴ متر است. (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

۱- ۳ متر ۲- ۲ متر ۳- ۴ متر ۴- ۶ متر

- ۴- آینه تختی به دیوار اتاقی نصب شده است به طوری که آینه با دیوار قائم زاویه 20° می‌سازد. زاویه بین جسم و تصویر در آینه برابر است با:

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- 20° ۲- 40° ۳- 140° ۴- 70°

۵- یک دسته پرتو همگرا به یک آینه مسطح می‌تابد. این دسته پرتو پس از بازتابش از روی آینه : 

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- تصویر حقیقی تشکیل می‌دهد.

۲- تصویر مجازی تشکیل می‌دهد.

۳- هیچ تصویری تشکیل نمی‌دهد.

۴- دو تصویر یکی حقیقی و یکی مجازی تشکیل می‌دهد.

۶- یک دندانپزشک آینه دندانپزشکی را در فاصله ۹ میلی‌متری دندان بیمار نگه داشته

است. اگر فاصله کانونی آینه ۱۲ میلی‌متر باشد بزرگنمایی آینه در این حالت چقدر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- ۲ برابر ۲- ۳ برابر ۳- ۴ برابر ۴- ۵ برابر

۷- جسمی در مقابل یک آینه کروی تصویری که بزرگی آن سه برابر جسم است ایجاد

می‌کند. اگر جسم را در امتداد محور آینه ۶ Cm از آینه دور کنیم، مجدداً تصویری سه

برابر جسم ایجاد می‌شود فاصله بین جسم و تصویر در ابتدا چند سانتی‌متر بوده است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)

۱- ۱۸ ۲- ۱۲ ۳- ۲۴ ۴- ۶

۸- ناظری در مقابل یک آینه محدب به شعاع $R = ۱۲۰ \text{ Cm}$ ایستاده است. فاصله ناظر تا رأس 

آینه ۱۲۰ Cm و چشم ناظر بر روی محور اصلی آینه قرار دارد. مقطع آینه دایره‌ای به

شعاع ۴ Cm می‌باشد. میدان آینه مخروطی کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۵)

۱- نصف زاویه راس آن مساوی است با ۰/۱ رادیان

۲- نصف زاویه راس آن مساوی است با ۰/۰۵ رادیان

۳- زاویه راس آن مساوی است با ۰/۰۵ رادیان

۴- زاویه راس آن مساوی است با ۰/۰۱ رادیان

۹- یک دسته پرتو همگرا به یک آینه محدب می‌تابد این دسته پرتو پس از بازتاب از روی 

آینه، را تشکیل می‌دهد.

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۸۰)

۱- دو تصویر حقیقی و مجازی ۲- تصویر حقیقی در جلو آینه

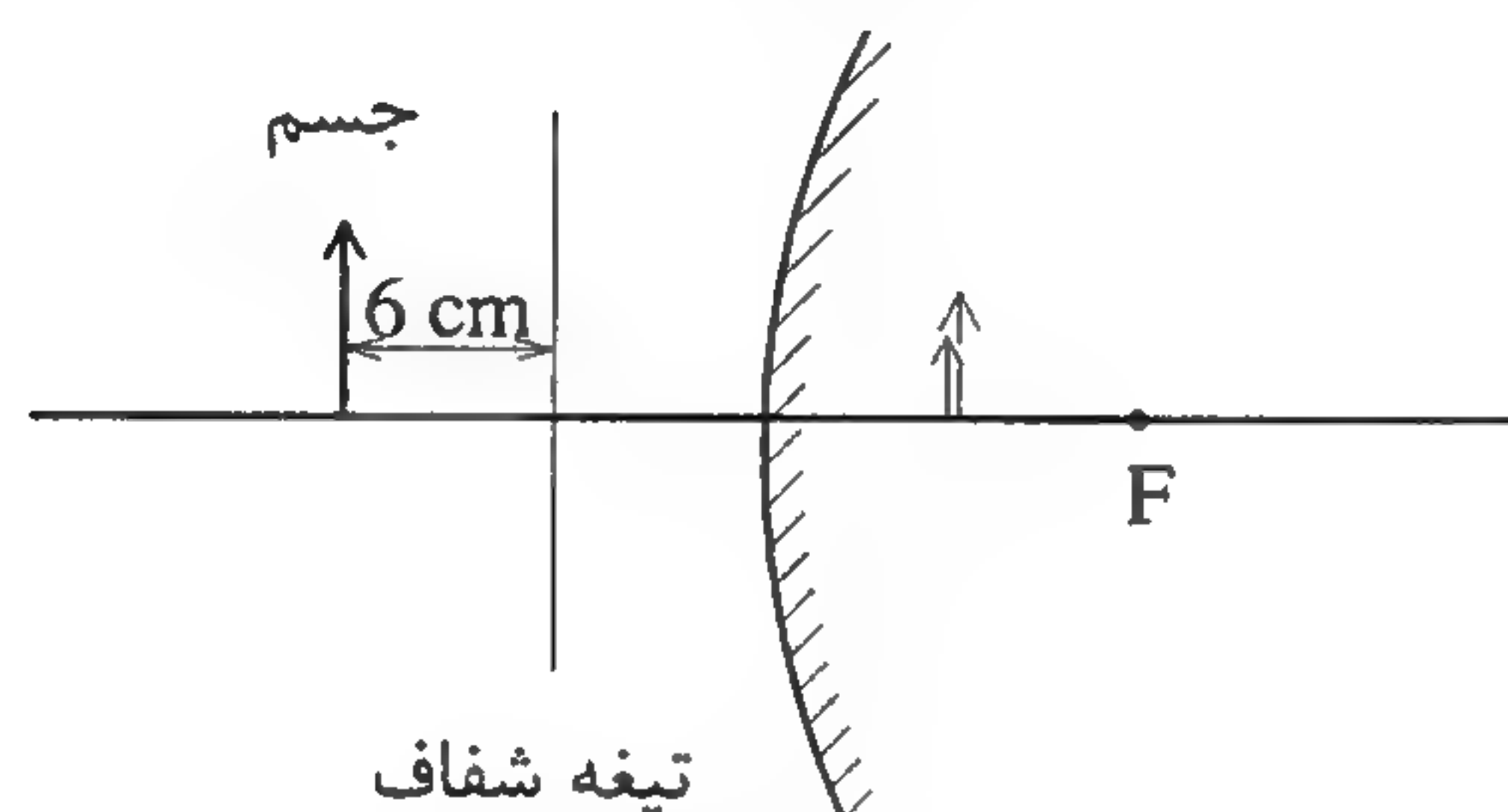
۳- تصویر مجازی و مستقیم در پشت آینه ۴- تصویر مجازی و معکوس در پشت آینه

۱۰ - یک شیء در فاصله ۲۰ سانتی متری آینه محدب که شعاع آن ۱۰ سانتی متر است قرار دارد. تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه دیده می‌شود؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۱)

- ۱- ۴ Cm + ۲- ۲ Cm - ۳- ۶ Cm + ۴- ۴ Cm -

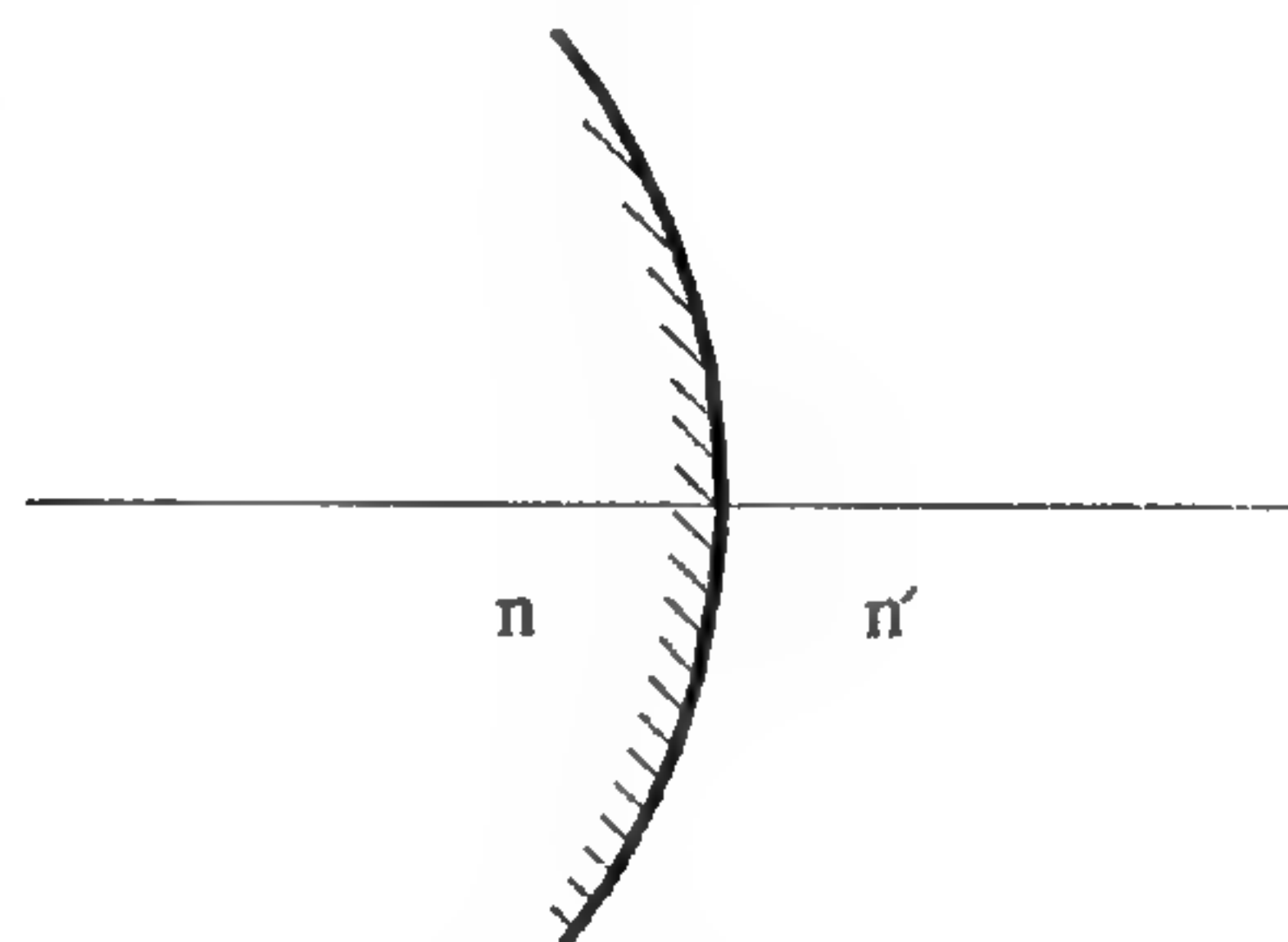
۱۱ - مطابق شکل مجموعه‌ای شامل یک تیغه شیشه‌ای شفاف و یک آینه محدب با شعاع انحنای ۱۶ Cm را در مقابل یک جسم طوری قرار می‌دهیم تا تصویر مجازی جسم در تیغه و تصویر مجازی جسم در آینه در یک مکان تشکیل شوند. بزرگی تصویر ایجاد شده در آینه نسبت به بزرگی تصویر ایجاد شده در تیغه چقدر است؟



- ۱- $\frac{1}{4}$
۲- $\frac{1}{2}$
۳- $\frac{1}{6}$
۴- $\frac{1}{8}$

۱۲ - دیوپتر مقابل دارای دو فاصله کانونی f و f' می‌باشد؛ نسبت $\frac{f}{f'}$ کدام است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)



- ۱- $\frac{n}{n'}$
۲- $\frac{n'}{n}$
۳- $\frac{n+n'}{n-n'}$
۴- $\frac{n-n'}{n+n'}$

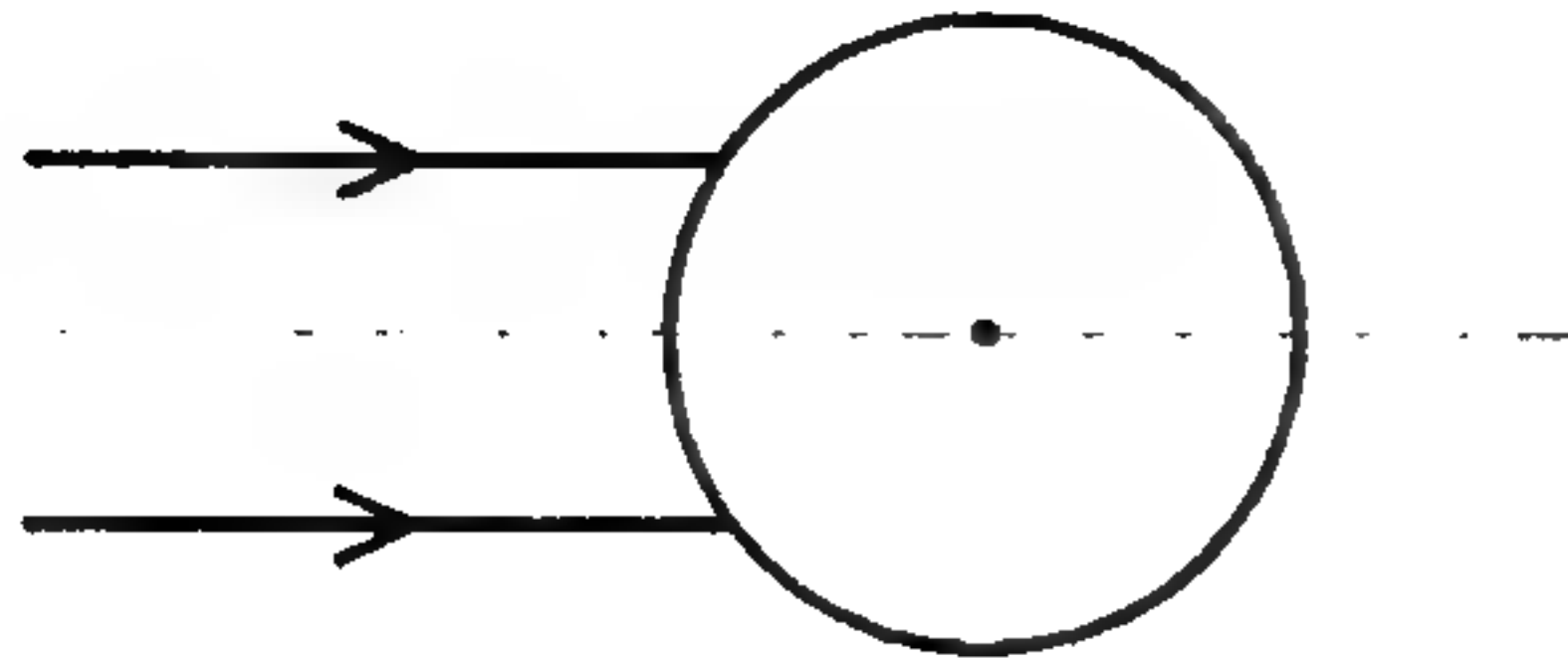
۱۳ - شعاع انحنای یک دیوپتر کروی برابر با R و ضرایب شکست محیط طرفین آن به ترتیب n_1 و n_2 است. فواصل کانونی این دیوپتر کروی چیست؟

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)

- ۱- $f_1 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}, f_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}$
۲- $f_1 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}, f_2 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}$
۳- $f_1 = \frac{n_1 R}{n_1 - n_2}, f_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}$
۴- $f_1 = \frac{n_2 R}{n_1 - n_2}, f_2 = \frac{n_1 R}{n_1 - n_2}$

۱۴- باریکه نور تک رنگی بر روی سطح شفاف به شعاع R و ضریب شکست n می‌رسد مقدار n چقدر باشد تا پرتوها درست روی سطح کره جمع شوند؟

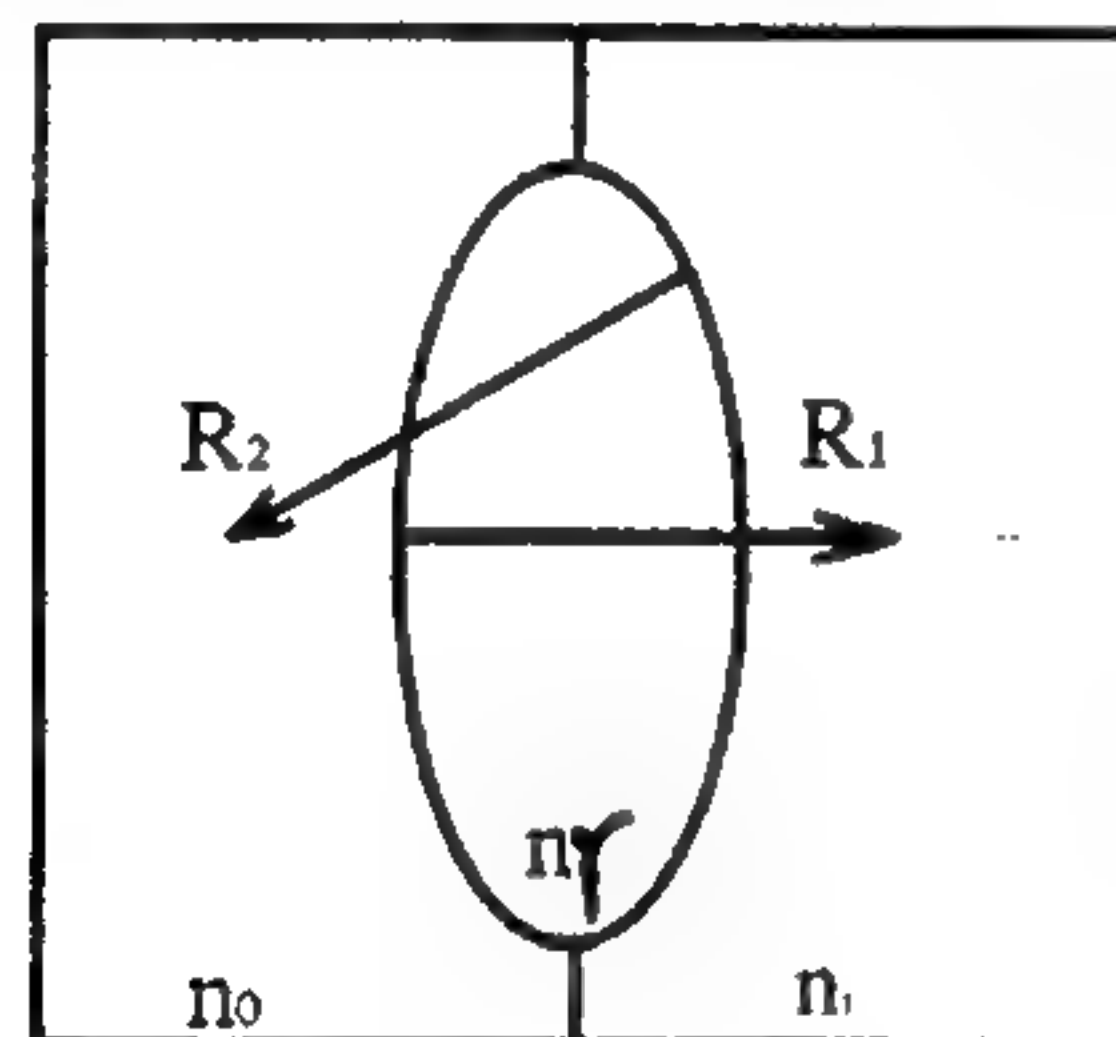
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)



- ۱- $\frac{3}{2}$
- ۲- $\frac{4}{3}$
- ۳- $\frac{4}{5}$
- ۴- $\frac{2}{1}$

۱۵- در کاربرد عدسیهای نازک شیئی در محیط n قرار گرفته، عدسی محدب از ماده n_r ساخته شده و تصویر در محیط n_i می‌باشد اگر شعاعهای انحنای R_1 و R_2 مطابق شکل زیر باشند. فاصله کانونی ثانویه f' را بیابید؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹ و GRE)



- ۱- $f' = -\frac{n_o}{(n_r - n_o)/R_1 + (n_i - n_r)/R_2}$
- ۲- $f' = +\frac{n_i}{(n_i - n_r)/R_1 + (n_r - n_o)/R_2}$
- ۳- $f' = +\frac{n_i}{(n_r - n_o)/R_1 + (n_i - n_r)/R_2}$
- ۴- $f' = -\frac{n_o}{(n_i - n_r)/R_1 + (n_r - n_o)/R_2}$

۱۶- یک دسته اشعه موازی و باریک به یک کره شفاف به شعاع R که در هوا قرار دارد می‌تابد اگر ضریب شکست این کره برابر با ۲ باشد این دسته اشعه پس از شکست می‌شوند.

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۸۰)

۱- در رأس مقابل کره، جمع

۲- در فاصله R از رأس مقابل، جمع

۳- در فاصله $2R$ از رأس مقابل و در خارج کره، جمع

۴- به طور موازی از کره خارج شده به دسته اشعه موازی دیگری تبدیل می‌شوند.

۱۷- شعاعهای انحنای طرفین یک عدسی ضخیم 10 cm و 20 cm می‌باشد. چند نوع عدسی

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

با این مشخصات می‌توان ساخت؟

۲- سه عدسی همگرا و یک عدسی واگرا

۱- دو عدسی همگرا و دو عدسی واگرا

۴- یک عدسی همگرا و یک عدسی واگرا

۳- سه عدسی واگرا و یک عدسی همگرا

۱۸- عدسی همگرایی (از شیشه به ضریب شکست $\frac{3}{4}$) را در آب به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ فرو

می‌بریم

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- فاصله کانونی عدسی کوچکتر می‌شود.

۲- فاصله کانونی عدسی بزرگتر می‌شود.

۳- فاصله کانونی عدسی تغییر نمی‌کند.

۴- کانون از حقیقی به مجازی تبدیل می‌شود.

۱۹- یک دسته اشعه موازی نور سفید در هوا به یک عدسی محدب نازک می‌تابد در نتیجه

کانون مربوط به رنگ زرد در فاصله از عدسی نسبت به کانون مربوط به رنگ

سبز تشکیل می‌شود، زیرا

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)

۱- دورتر - ضریب شکست عدسی برای نور سبز، کمتر است.

۲- دورتر - ضریب شکست عدسی برای نور زرد، کمتر است.

۳- نزدیکتر - ضریب شکست عدسی برای نور زرد، کمتر است.

۴- نزدیکتر - ضریب شکست عدسی برای نور سبز، بیشتر است.

۲۰- یک عدسی مقعرالطرفین (دو کاو) نازک به ضریب شکست $\frac{1}{5}$ و شعاع طرفین ۲۰ Cm و

۴۰ Cm در مایعی به ضریب شکست $\frac{1}{8}$ قرار دارد. این عدسی :

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)

۱- سیستمی است واگرا به فواصل کانونی $f' = f = - 80$ Cm

۲- سیستمی است همگرا به فواصل کانونی $f' = f = +80$ Cm

۳- سیستمی است همگرا به فواصل کانونی $f' = f = +120$ Cm

۴- سیستمی است واگرا به فواصل کانونی $f' = f = -120$ Cm

۲۱- یک عدسی نازک محدب از شیشه به ضریب شکست n در مایعی به ضریب شکست n'

قرار دارد. این عدسی یک دسته اشعه موازی را که در محیط مایع به آن می‌تابد، به یک

دسته اشعه مبدل می‌سازد، زیرا است.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)

۱- موازی، $n \approx n'$

۲- موازی، $n < n'$

۳- همگرا، $n < n'$

۴- همگرا، $n < n'$

۲۲- با توجه به قانون اسنل چنان چه یک عدسی و یک آینه خمیده را که فاصله کانونی آنها برابر است در آب قرار می دهیم در این صورت کدام یک از عبارات زیر صحیح است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

۱- فاصله کانونی عدسی تغییر نمی کند ولی فاصله کانونی آینه تغییر می کند.

۲- فاصله کانونی عدسی و آینه هیچ کدام تغییر نمی کند.

۳- فاصله کانونی عدسی و آینه تغییر می کند.

۴- فاصله کانونی عدسی تغییر می کند ولی فاصله کانونی آینه تغییر نمی کند.

۲۳- یک دسته نور سفید به موازات محور اصلی یک عدسی همگرای نازک به آن می تابانیم. اگر ضریب شکست توسط عدسی n و تغییر ضریب شکست آن در ناحیه مرئی Δn باشد. می توان نشان داد که تغییر نسبی فاصله کانونی عدسی مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸ و ۷۹)

$$1- \frac{\Delta n}{n} \quad 2- \frac{\Delta n}{n+1} \quad 3- \frac{\Delta n}{n-1} \quad 4- \frac{\Delta n}{2n-1}$$

۲۴- در شکل زیر یک عدسی آکرومات (آفام) دیده می شود، عدسی نازک است به گونه ای که از ضخامت آن می توان با تقریب خوبی چشم پوشی کرد. اگر شعاع انحنای تمام سطوح آن مساوی و هر کدام R باشند، در صورتی که ضریب شکست عدسی محدب n و ضریب شکل عدسی مقعر n' باشد، فاصله کانونی آن برابر کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۵)



$$1- R(n - n')$$

$$2- \frac{n - n'}{2R}$$

$$3- \frac{R}{2(n - n')}$$

$$4- \frac{n' - n}{R}$$

۲۵- یک عدسی ضخیم به شکل کره به شعاع R و به ضریب شکست $2/4$ در مایعی به ضریب شکست $1/2$ قرار دارد. این عدسی بوده فاصله کانونی آن نسبت به هر رأس برابر با می باشد.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)

$$1- R \quad 2- 2R \quad 3- همگرا - R \quad 4- همگرا - 2R$$

۲۶- شعاع یک عدسی نازک تخت - کوژ به ضریب شکست $1/5$ برابر با 25 cm می باشد.

فاصله کانونی این عدسی چند سانتی متر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۹)

$$1- 50 \quad 2- 25 \quad 3- 50 \quad 4- 25$$

۲۷- یک عدسی همگرای نازک به ضریب $\sqrt{3}$ در محیطی به ضریب شکست $\sqrt{2}$ قرار دارد. اگر شعاع انحنای طرفین عدسی به ترتیب $\sqrt{\frac{2}{3}}m$ و $1m$ باشد، فاصله کانونی عدسی مساوی است با:

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۸)

$$1-2m \quad 2-\frac{1}{2}m \quad 3-\frac{1}{4}m \quad 4-4m$$

۲۸- شعاعهای طرفین یک عدسی محدب نازک با هم مساوی و برابر R و ضریب شکست آن n می باشد. عدسی محدب نازک دیگری به ضریب شکست n موجود می باشد که شعاع یک طرف آن R و طرف دیگر آن مسطح است. اگر فواصل کانونی عدسیهای اول و دوم را به ترتیب با f_1 و f_2 نشان دهیم، می توان نتیجه گرفت که :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری - ژئودزی) ۸۱)

$$1-f_1 = f_2 \quad 2-f_1 = 2f_2 \quad 3-f_2 = 2f_1 \quad 4-f_1 = 4f_2$$

۲۹- یک عدسی نازک "دو کاو" از جنس شیشه به ضریب شکست $1/5$ و با شعاعهای انحنای 10 cm و 30 cm در مایعی به ضریب شکست $1/8$ قرار دارد. فاصله کانونی عدسی چند سانتی متر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری - ژئودزی) ۸۱)

$$1-25 \quad 2-50 \quad 3-25 \quad 4-50$$

۳۰- یک عدسی نازک دو گوژ به ضریب شکست $\frac{5}{3}$ که شعاعهای طرفین آن 30 و 50 سانتی متر است، در آب به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ قرار دارد. فاصله کانونی این عدسی چند سانتی متر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)

$$1-75 \quad 2-15 \quad 3-15 \quad 4-75$$

۳۱- فاصله کانونی یک عدسی شیشه ای در محیط هوا بیشتر است یا در محیط آب ؟ (ضریب شکست شیشه بزرگتر از آب است).

(کنکور کارشناسی ارشد علم ۸۰)

۱- در هوا

۲- در آب

۳- برای عدسی همگرا در هوا و برای واگر در آب

۴- برای عدسی همگرا در آب و برای واگر در هوا

۳۷- یک عدسی همگرای نازک به فاصله کانونی f از جسمی به فاصله x از کانون شیئی، یک تصویر حقیقی به فاصله x' از کانون تصویر می‌دهد. اگر جسم با سرعت v از عدسی دور شود، تصویر آن با سرعت v' به عدسی نزدیک می‌شود به طوری که نسبت $\frac{v'}{v}$ برابر است با:

$$1- \frac{f-x'}{-f+x} \quad 2- \frac{f-x}{-f+x'} \quad 3- \frac{x'}{x} \quad 4- \frac{x}{x'}$$

۳۸- یک عدسی نازک همگرا از یک جسم حقیقی، یک تصویر حقیقی تشکیل می‌دهد. فاصله کانونی عدسی f و فواصل جسم و تصویر از عدسی x و x' می‌باشد. اگر جسم با سرعت v به عدسی نزدیک شود:

۱- تصویر با سرعت $v' = \frac{f^2}{(x-f)^2} v$ از عدسی دور می‌شود.

۲- تصویر با سرعت $v' = \frac{f^2}{(x+f)^2} v$ به عدسی نزدیک می‌شود.

۳- تصویر با سرعت $v' = \frac{f^2}{(x+f)^2} v$ از عدسی دور می‌شود.

۴- تصویر با سرعت $v' = \frac{f^2}{(x-f)^2} v$ به عدسی نزدیک می‌شود.

۳۹- فرمول نیوتن برای یک عدسی همگرا به فاصله کانونی f به صورت $x x' = f^2$ نوشته می‌شود اگر جسم به اندازه Δx و در نتیجه تصویر به اندازه $\Delta x'$ جا به جا شود می‌توان نشان داد که نسبت $\frac{\Delta x'}{\Delta x}$ مساوی است با:

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

$$1- \frac{-x^2}{f^2} \quad 2- \frac{-f^2}{x^2} \quad 3- \frac{x^2}{f^2} \quad 4- \frac{f^2}{x^2}$$

۴۰- نقطه نورانی S روی محور اصلی عدسی و به فاصله F از آن قرار دارد آینه تخت M عمود بر محور عدسی و به فاصله $\frac{F}{2}$ از آن واقع است تصویر حقیقی در این دستگاه کجا

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

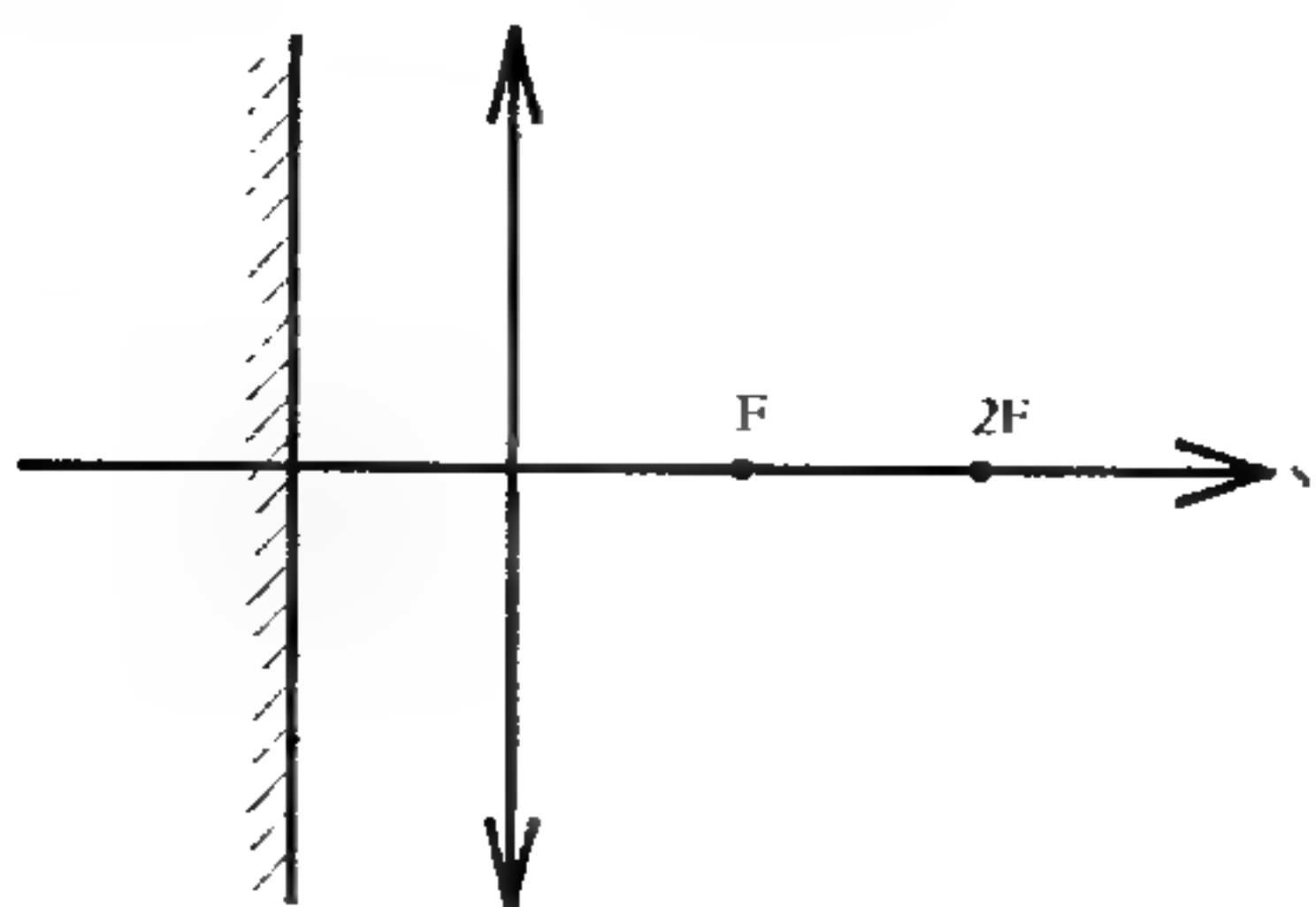
تشکیل می‌شود؟

۱- بین S و بی‌نهایت

۲- بین F و $2F$

۳- بین $2F$ و S

۴- بین عدسی و F



۴۱- جسمی به فاصله یک متر از عدسی همگرایی به فاصله کانونی نیم متر قرار دارد. این عدسی به فاصله دو متر از یک آینه تخت واقع است. اگر از طریق عدسی به آینه نگاه کنیم، فاصله تصویر تا عدسی چقدر خواهد بود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۱/۲ متر

۲- ۰/۶ متر

۳- ۰/۹ متر

۴- ۰/۳ متر

۴۲- در یک دستگاه نوری از دو عدسی نازک همگرا به فواصل کانونی f_1 و f_2 استفاده می شود که به فاصله d از یکدیگر قرار دارند به طوری که $d > f_1 + f_2$ فواصل کانونی این دستگاه برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی و مهندسی عمران ۸۰)

$$1- \frac{f_1(d+f_2)}{d+(f_1+f_2)}, \frac{f_2(d+f_1)}{d+(f_1+f_2)}$$

$$2- \frac{f_1(d-f_2)}{d+(f_1+f_2)}, \frac{f_2(d-f_1)}{d+(f_1+f_2)}$$

$$3- \frac{f_1(d+f_2)}{d-(f_1+f_2)}, \frac{f_2(d+f_1)}{d-(f_1+f_2)}$$

$$4- \frac{f_1(d-f_2)}{d-(f_1+f_2)}, \frac{f_2(d-f_1)}{d-(f_1+f_2)}$$

۴۳- توان عدسی همگرایی به فاصله کانونی ۲۰ Cm چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۱)

۱- ۴

۲- ۶

۳- ۵

۴- ۱۰

۴۴- دو عدسی با فواصل کانونی به ترتیب ۲۰ و ۵۰ سانتی متر در تماس با یکدیگر قرار دارند. قدرت همگرایی آنها چند دیوپتری است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- ۲/۵

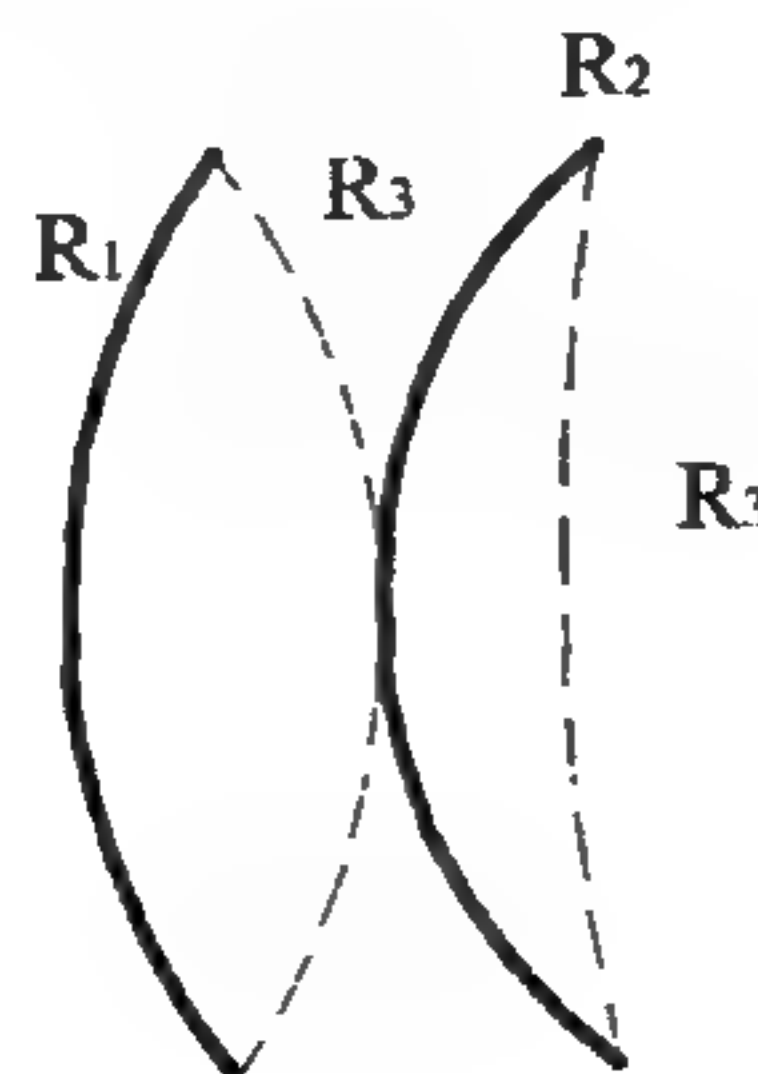
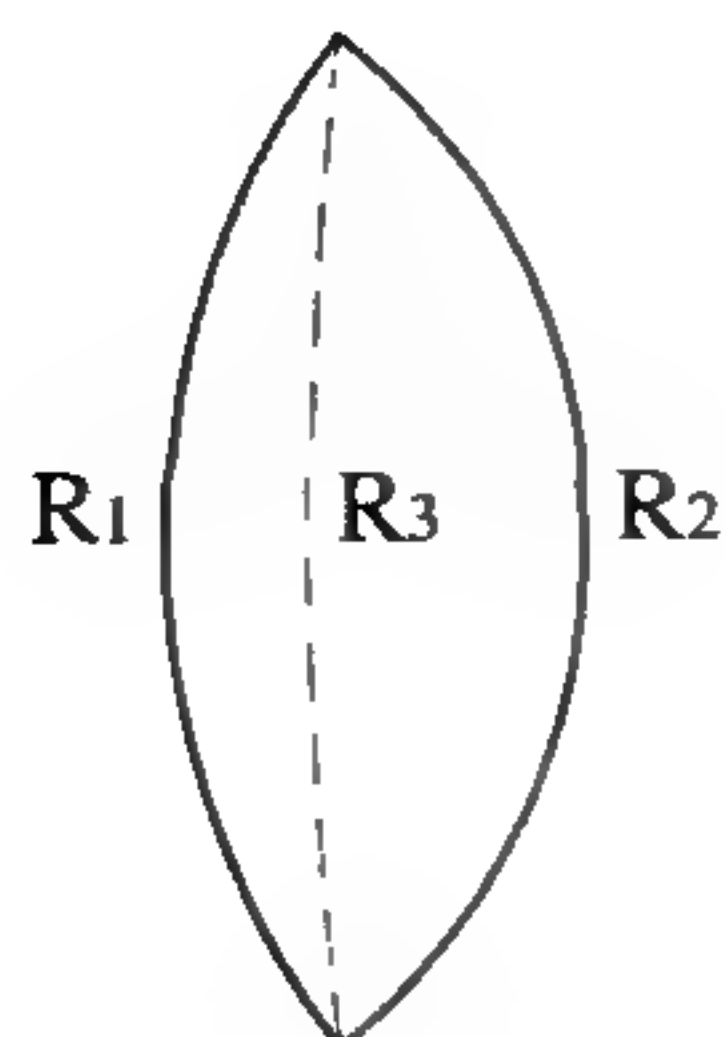
۲- ۳

۳- ۲/۵

۴- ۲

۴۵- اگر عدسی شکل زیر را از محل R_2 تراش داده و مطابق شکل در جهت مخالف قرار دهیم همگرایی مجموعه عدسیها نسبت به حالت اول :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)



۱- کم می شود.

۲- زیاد می شود.

۳- تغییر نمی کند.

۴- دقیقاً دو برابر می شود.

۴۶- دو عدسی نازک همگرا در کنار هم قرار گرفته‌اند. یک دسته اشعه موازی با این مجموعه تابیده و پس از خروج از آن می‌شود، زیرا

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری، ژئودزی) ۸۱)

۱- به یک دسته اشعه موازی تبدیل - کانونهای دو عدسی بر هم منطبق هستند.

۲- به یک دسته اشعه واگرا تبدیل - کانونهای دو عدسی بر هم منطبق هستند.

۳- در کانون عدسی دوم متقارب - فاصله بین دو عدسی از مجموع فواصل کانونی آنها بیشتر است.

۴- در کانون عدسی دوم متقارب - فاصله بین دو عدسی از مجموع فواصل کانونی آنها کمتر است.

۴۷- ناهنجاریهای محوری می‌تواند عامل ایجاد کدام یک از موارد زیر باشد؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- دوربینی و نزدیک‌بینی

۲- پیرچشمی

۳- شدت صوت

۴- سرعت صوت

۴۸- قدرت همگرایی کدام یک از سطوح اپتیکی چشم بیشتر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- زلالیه

۲- قرنیه

۳- عدسی

۴- زجاجیه

۴۹- نقاط دید دور و نزدیک شخصی به ترتیب ۲ متر و ۵۰ سانتی‌متر است. قدرت عدسی

عینک تصحیح‌کننده برای دیدن اجسام دور چند دیوپتر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- ۰/۵-

۲- ۰/۲۵+

۳- ۰/۷۵+

۴- ۱-

۵۰- نقطه دید نزدیک شخصی ۵۵ ساله، ۱۰۰ سانتی‌متر است. چه نوع عدسی و با چه فاصله

کانونی باید به کار رود تا بتواند شیئی در نقطه دید نزدیک طبیعی (۲۵ سانتی‌متری) را به

وضوح مشاهده نماید؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵ و GRE)

۱- همگرا - ۳۳/۳ سانتی‌متر

۲- واگرا - ۳۳/۳ سانتی‌متر

۳- همگرا - ۲۵/۷ سانتی‌متر

۴- واگرا - ۲۵/۷ سانتی‌متر

۵۱- شخصی می‌تواند بدون استفاده از عینک در زیر آب اشیا را به وضوح ببیند چشمان این

شخص (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- نزدیک‌بین است.

۲- دوربین است.

۳- آستیگمات است.

۴- سالم است.

۵۲- شخص نزدیک‌بینی که چشم‌هایش می‌تواند از فاصله $a_1 = 12 \text{ Cm}$ تا $a_2 = 60 \text{ Cm}$ را ببیند به کمک عینک به طور واضح اجسامی را که در دور دست قرار دارد می‌بیند. حداقل فاصله a_2 را که در آن شخص می‌تواند به کمک عینکش کتاب بخواند را بر حسب سانتی‌متر تعیین کنید؟

- ۱- $2/5$ ۲- $7/5$ ۳- 15 ۴- 30

۵۳- اگر ضرایب شکست طرفین دو دیوپتر کروی مختلف به شعاع‌های R_1 و R_2 ، n_1 و n_2 باشند و همگرایی این دو دیوپتر را به ترتیب c_1 و c_2 بنامیم. نسبت $\frac{c_1}{c_2}$ با کدام گزینه برابر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران (فتوگرامتری، ژئودزی) ۸۱)

- ۱- $\frac{R_2}{R_1}$ ۲- $\frac{n_2}{n_1}$ ۳- $\frac{n_1 R_2}{n_2 R_1}$ ۴- $\frac{n_1 R_1}{n_2 R_2}$

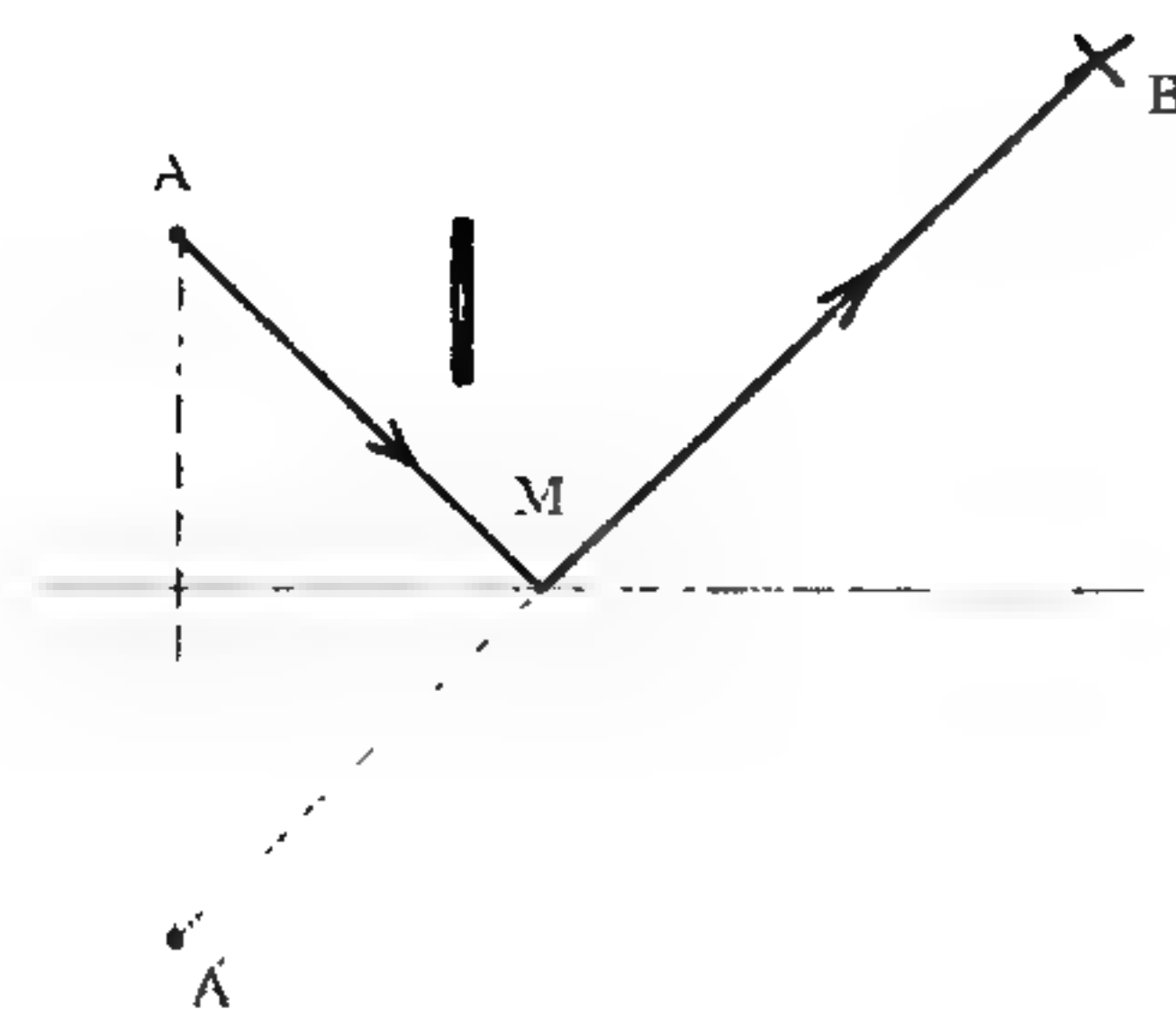
۵۴- کدام یک از گزاره‌های زیر در مورد یک عدسی همگرا صحیح نیست؟

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)

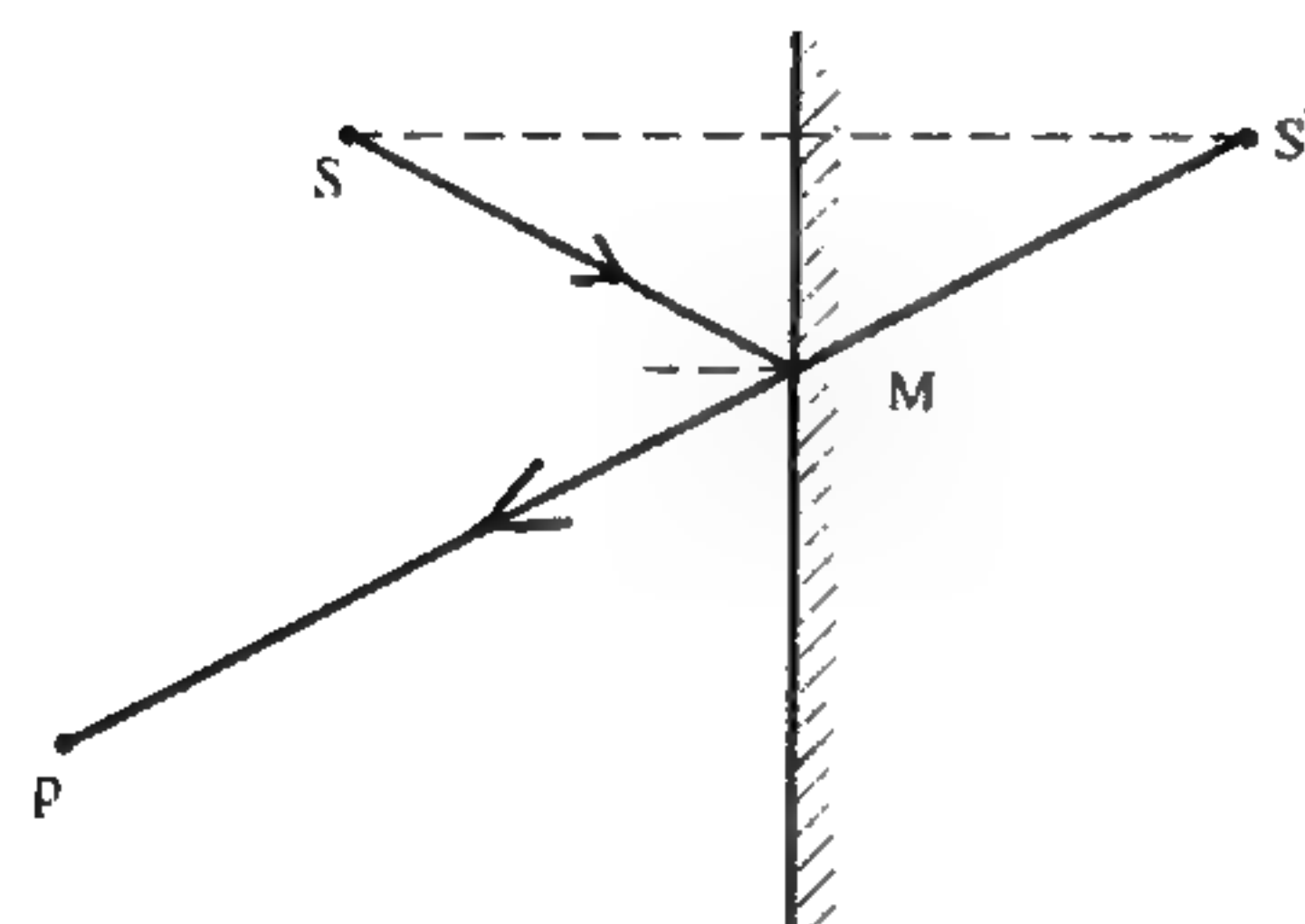
- ۱- پرتوهای موازی تابیده شده با محور در کانون جمع می‌شوند.
- ۲- پرتو نور متمرکز شده در کانون نور موازی با محور گسیل می‌دارد. (در عبور از عدسی)
- ۳- پرتو نور عبور کرده از مرکز عدسی به موازات محور، انحراف پیدا می‌کند.
- ۴- جسم متمرکز در بی‌نهایت دارای تصویری در کانون است.

۱۶-۳ پاسخهای تشریحی

۱-۳) چون اگر از نقطه B به تصویر A' نگاه کنیم (در امتداد A'B) در واقع در مسیر پرتو AMB نگاه می‌کنیم.

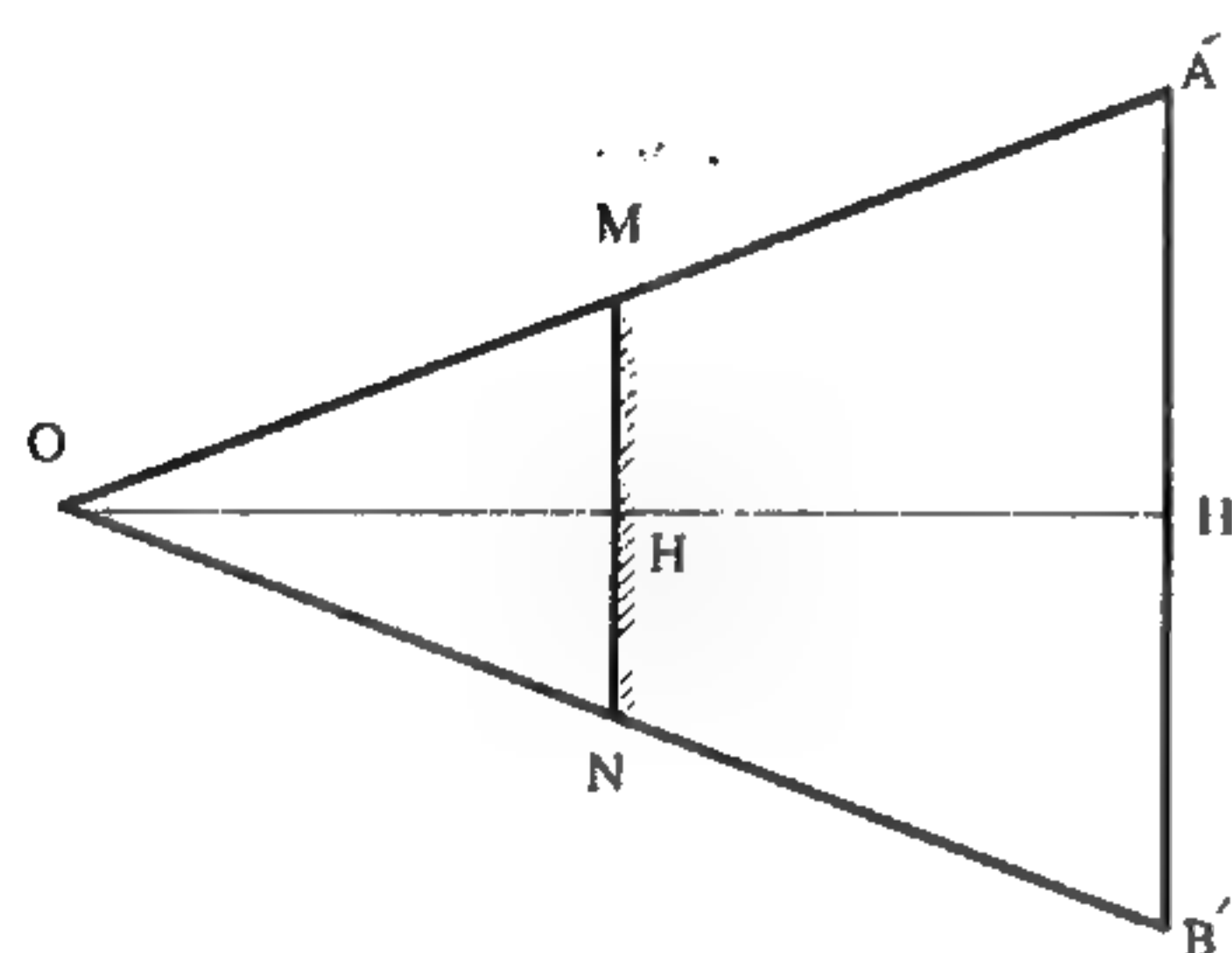


۲-۳) از وصل کردن S' (تصویر S) به نقطه P، نقطه M به دست می‌آید که محل تلاقی خط PS' و آینه است. هیچ یک از گزینه‌های دیگر نقطه M را نمی‌دهند.



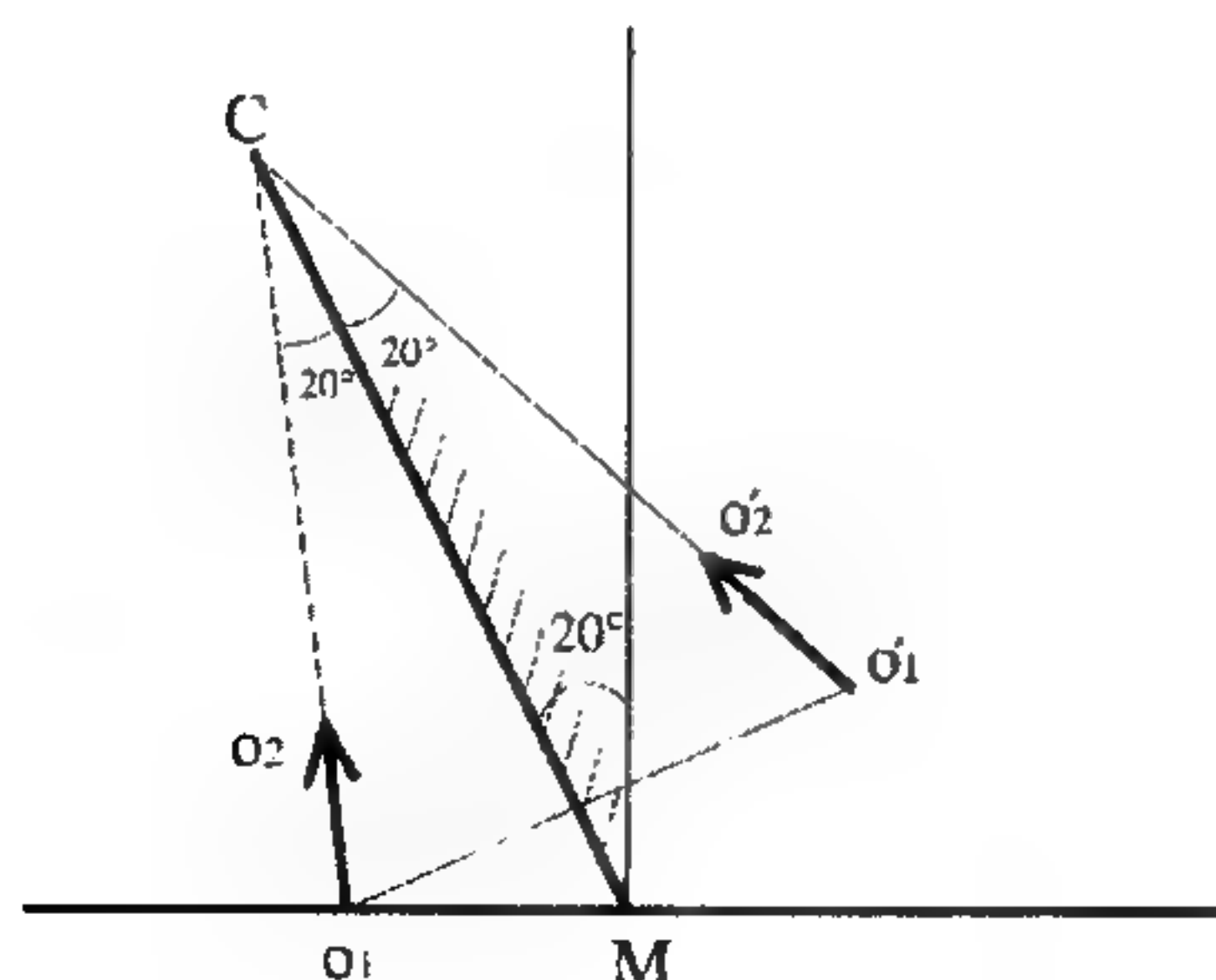
۳-۳) از تشابه مثلثهای OA'B' و OMH داریم:

$$\frac{OH'}{OH} = \frac{A'B'}{MN} \Rightarrow \frac{6}{2} = \frac{A'B'}{1} \Rightarrow A'B' = 3m$$

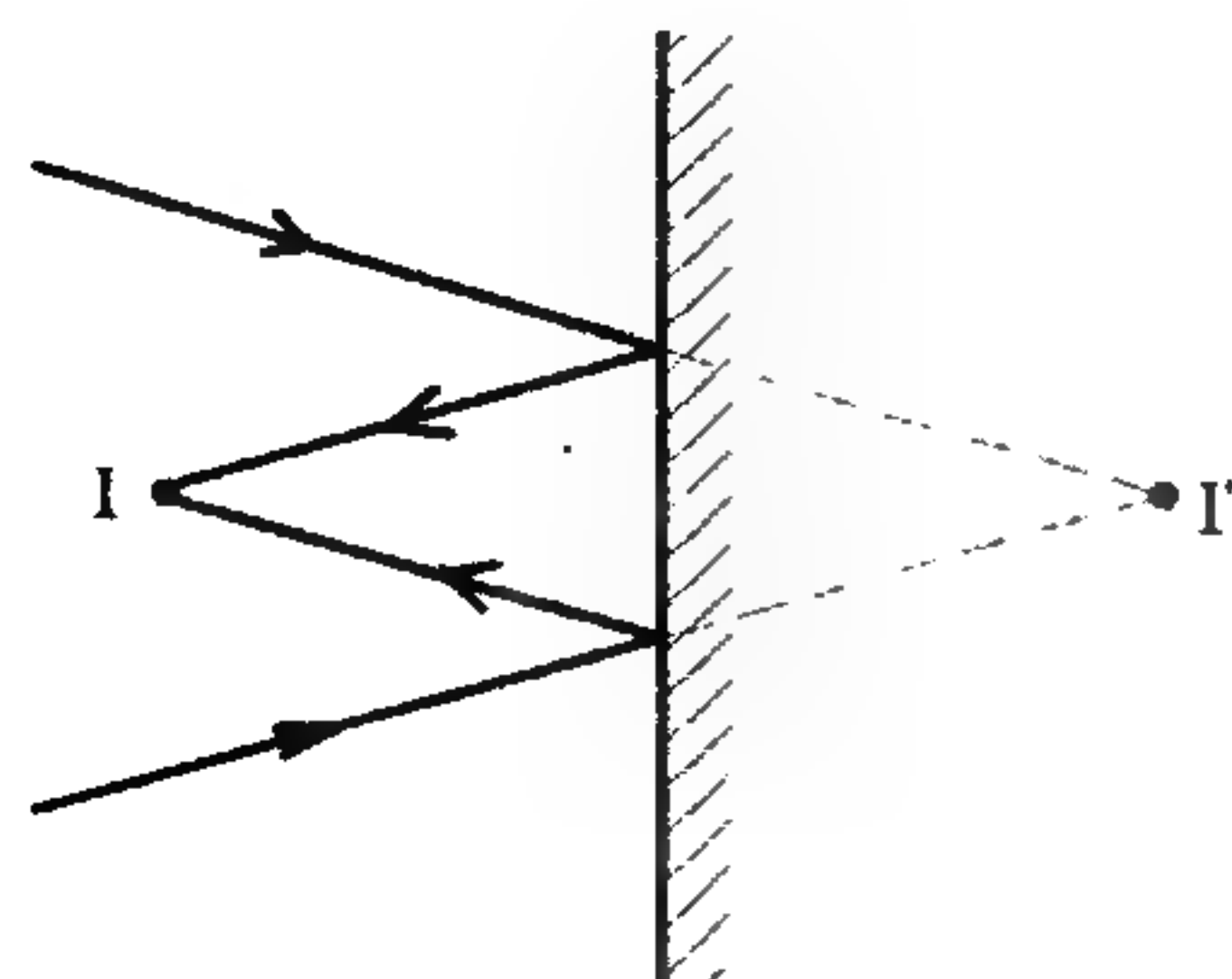


۴-۲) زاویه بین جسم، تصویر دو برابر زاویه بین جسم و آینه است.

$$\widehat{O_1CO_1} = 2\widehat{O_1CM} = 2 \times 20^\circ = 40^\circ$$



۵-۱) پرتوهای همگرا پس از بازتاب در نقطه I تصویر حقیقی می‌دهند. به عبارتی آینه تخت از تصویر مجازی I' تصویر حقیقی I را می‌دهد.



$$(۳-۶) \quad m = -\frac{q}{p} \text{ و } p = 9 \text{ mm و } f = 12 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow q = \frac{fp}{p-f} = \frac{(12)(9)}{9-12} = -36 \text{ mm}$$

تصویر مجازی و چهار برابر جسم است.

$$m = -\frac{-36}{9} = +4$$

(۳-۷) اگر جسم از ابتدا بعد از فاصله کانونی قرار داشته باشد می‌دانیم که با دور شدن از آینه و افزایش O همواره i کوچکتر شده و اندازه تصویر کوچکتر می‌شود. بنابراین با توجه به آنکه اندازه تصویر در دو حالت برابر است پس ابتدا جسم در فاصله کانونی بوده (و در نتیجه $i < 0$) و سپس از کانون عبور کرده است.

$$i < 0 \text{ حالت اول: } \frac{-i}{O} = 3 \Rightarrow i = -3O \Rightarrow \frac{1}{O} + \frac{1}{-3O} = \frac{1}{f}$$

$$i > 0 \text{ حالت دوم: } \frac{-i}{O'} = -3 \Rightarrow i = +3O', O' = O + 6 \Rightarrow \frac{1}{O+6} + \frac{1}{3(O+6)} = \frac{1}{f}$$

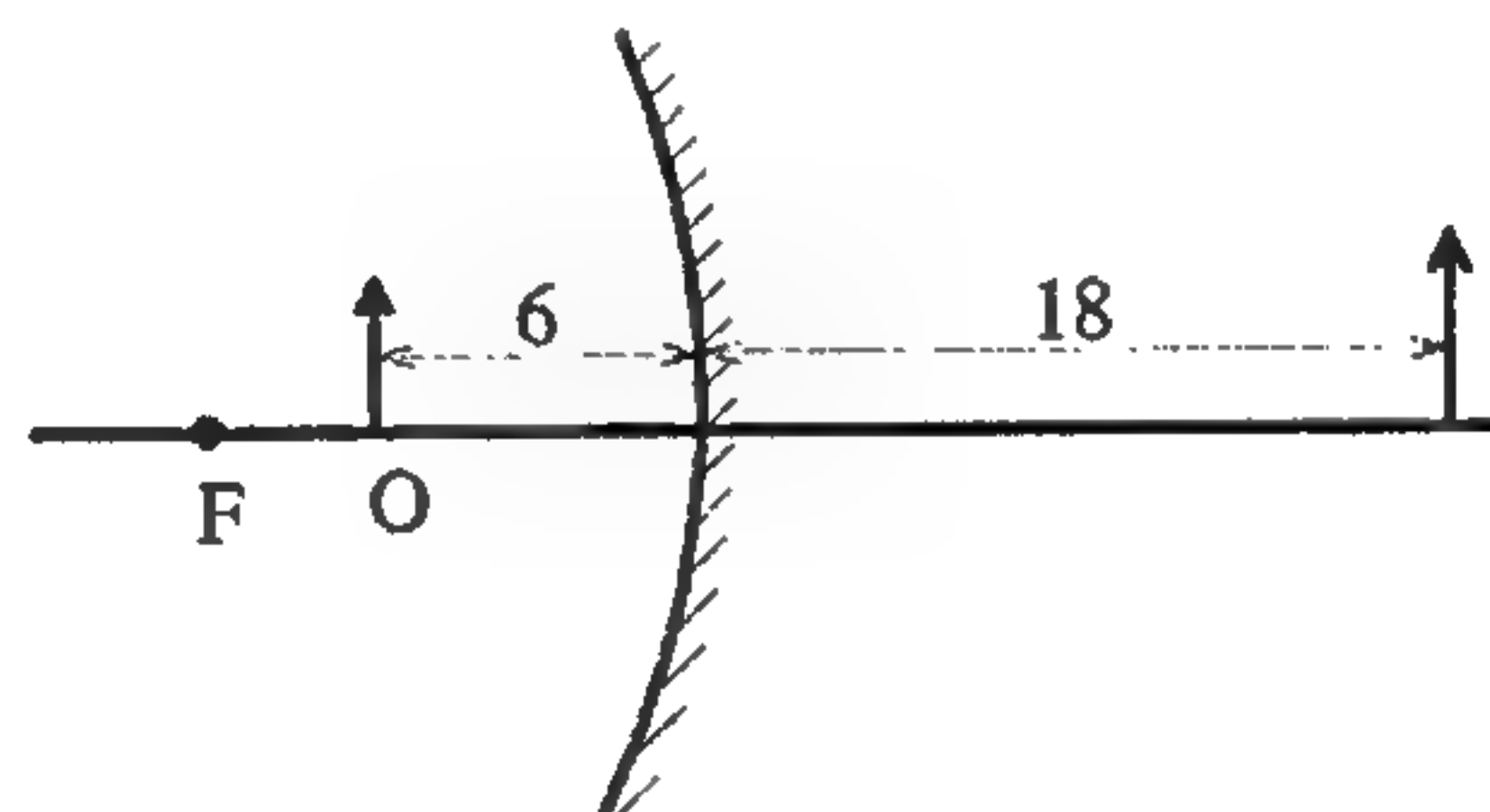
$$\frac{1}{O} - \frac{1}{3O} = \frac{2}{3O} = \frac{4}{3(O+6)} \Rightarrow (O+6) = 2O \Rightarrow O = 6 \text{ Cm}$$

$$i = -3O = -3(6) = -18 \text{ Cm}$$

تصویر مجازی و در پشت آینه تشکیل شده است.

$$(f = \frac{3O}{2} = 9)$$

$$I \text{ و } O \text{ فاصله} = 6 - (-18) = 24 \text{ Cm}$$

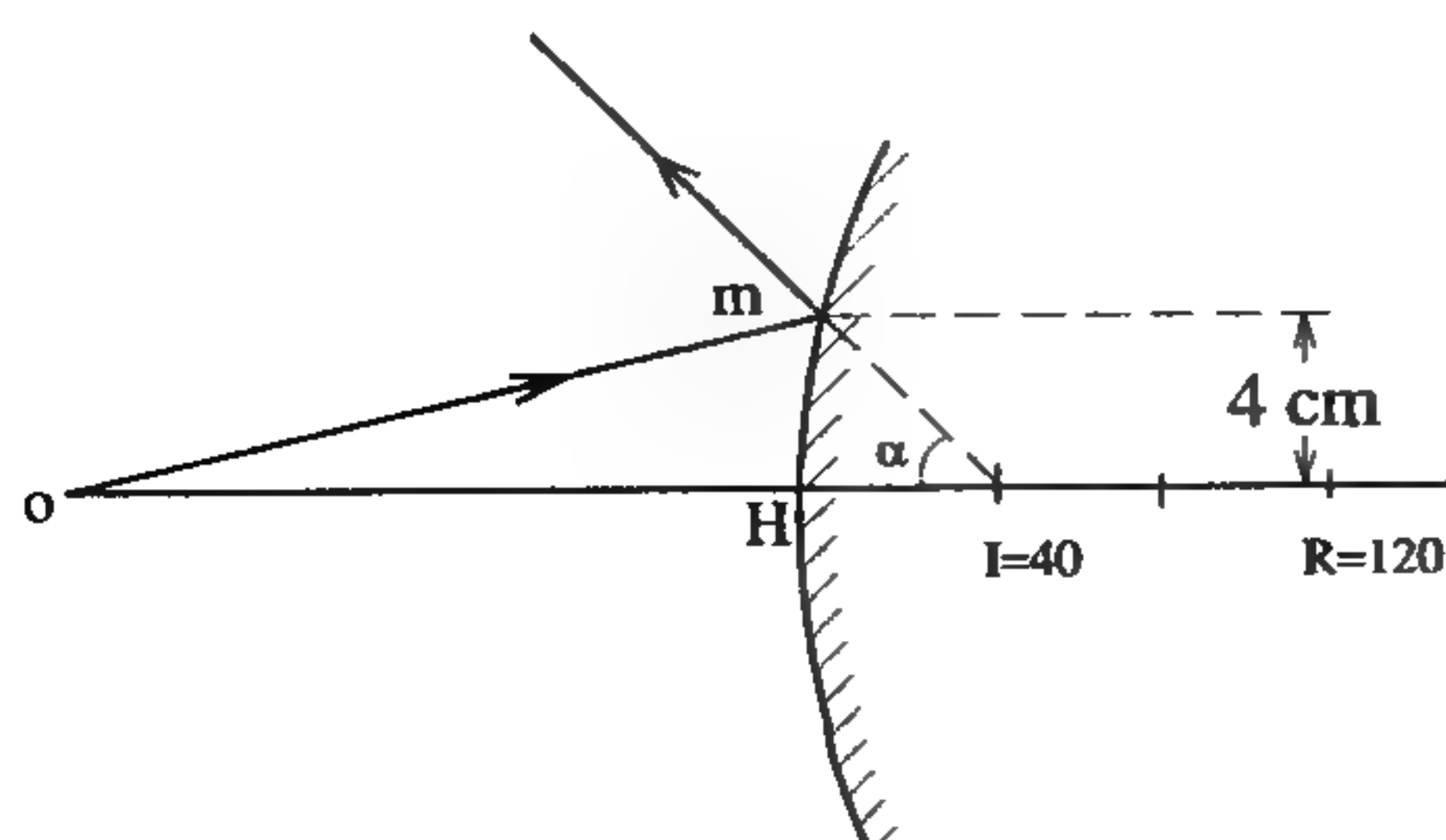


$$(۱-۸) \quad R = 120 \text{ Cm} \Rightarrow \text{آینه محدب} \quad f = -60 \text{ Cm}$$

$$O = 120 \text{ Cm} \Rightarrow \frac{1}{120} + \frac{1}{i} = \frac{1}{-60} \Rightarrow i = -40 \text{ Cm}$$

چون شعاع آینه ۴ Cm در مقابل ۴۰ Cm کوچک است این کمان را تقریباً یک خط راست عمود MH می‌گیریم

$$\alpha \approx \frac{MH}{i} = \frac{4}{40} = 0.1 \text{ rad}$$

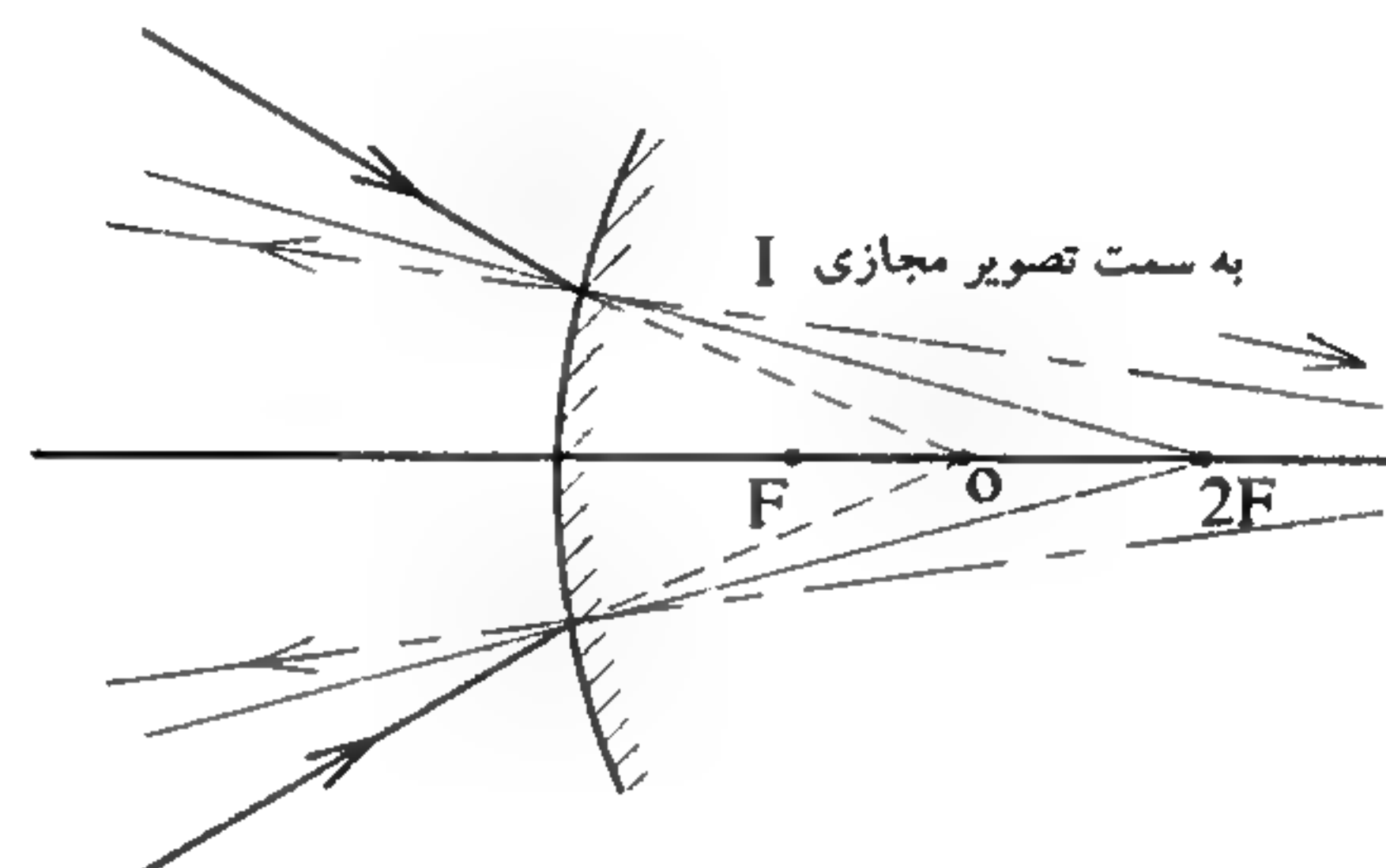
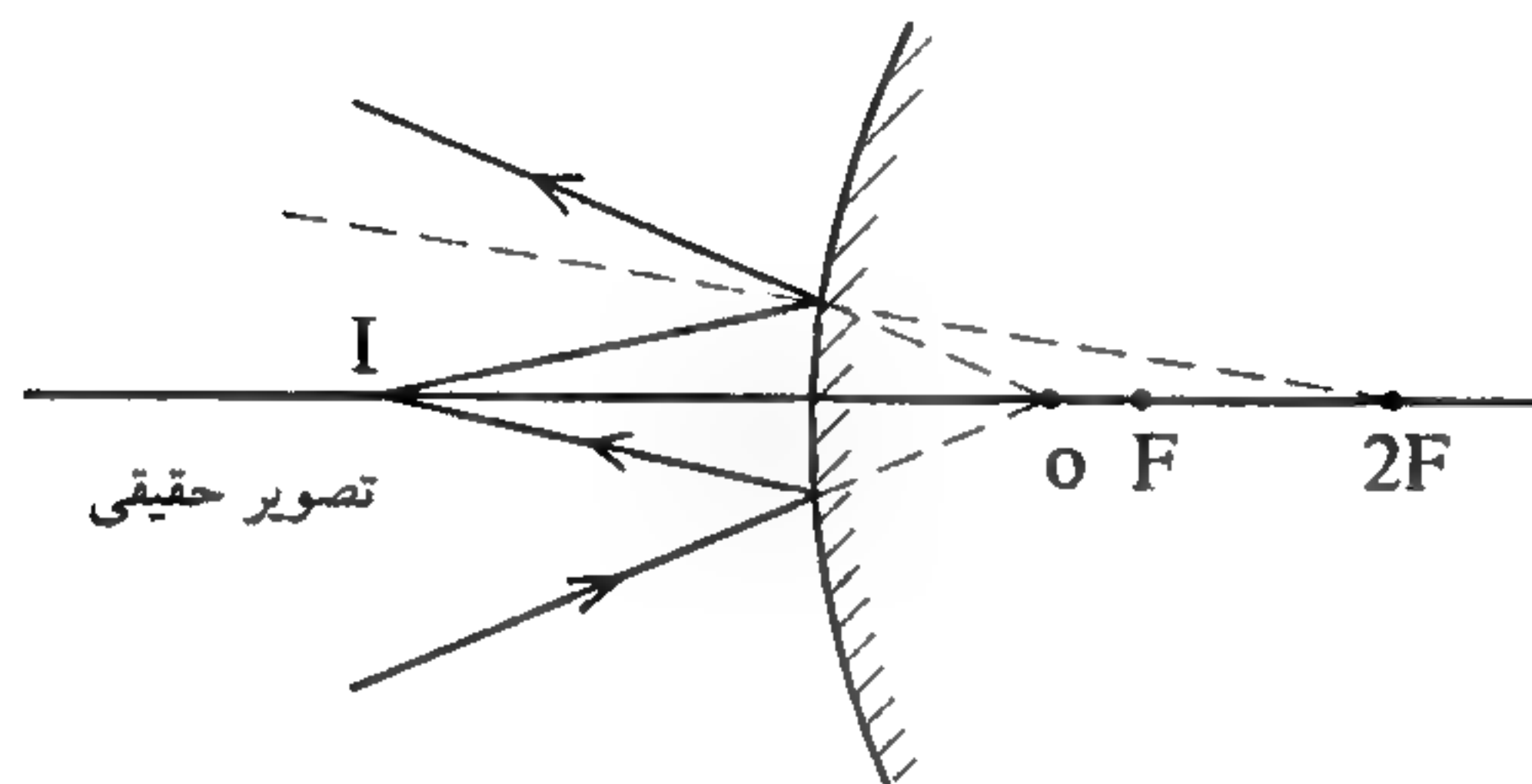


۹-؟) اینکه تصویر حقیقی و یا مجازی باشد بستگی به آن دارد که جسم مجازی (ناشی از پرتوهای

همگرا) در کجا باشد. $O = -|O|$ و $f = -|f|$

$$\frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{O} = \frac{1}{-|f|} - \frac{1}{-|O|} \Rightarrow i = \frac{|f||O|}{|f| - |O|}$$

اگر $|f| < |O|$ باشد تصویر حقیقی و اگر $|O| > |f|$ باشد تصویر مجازی می‌دهد.

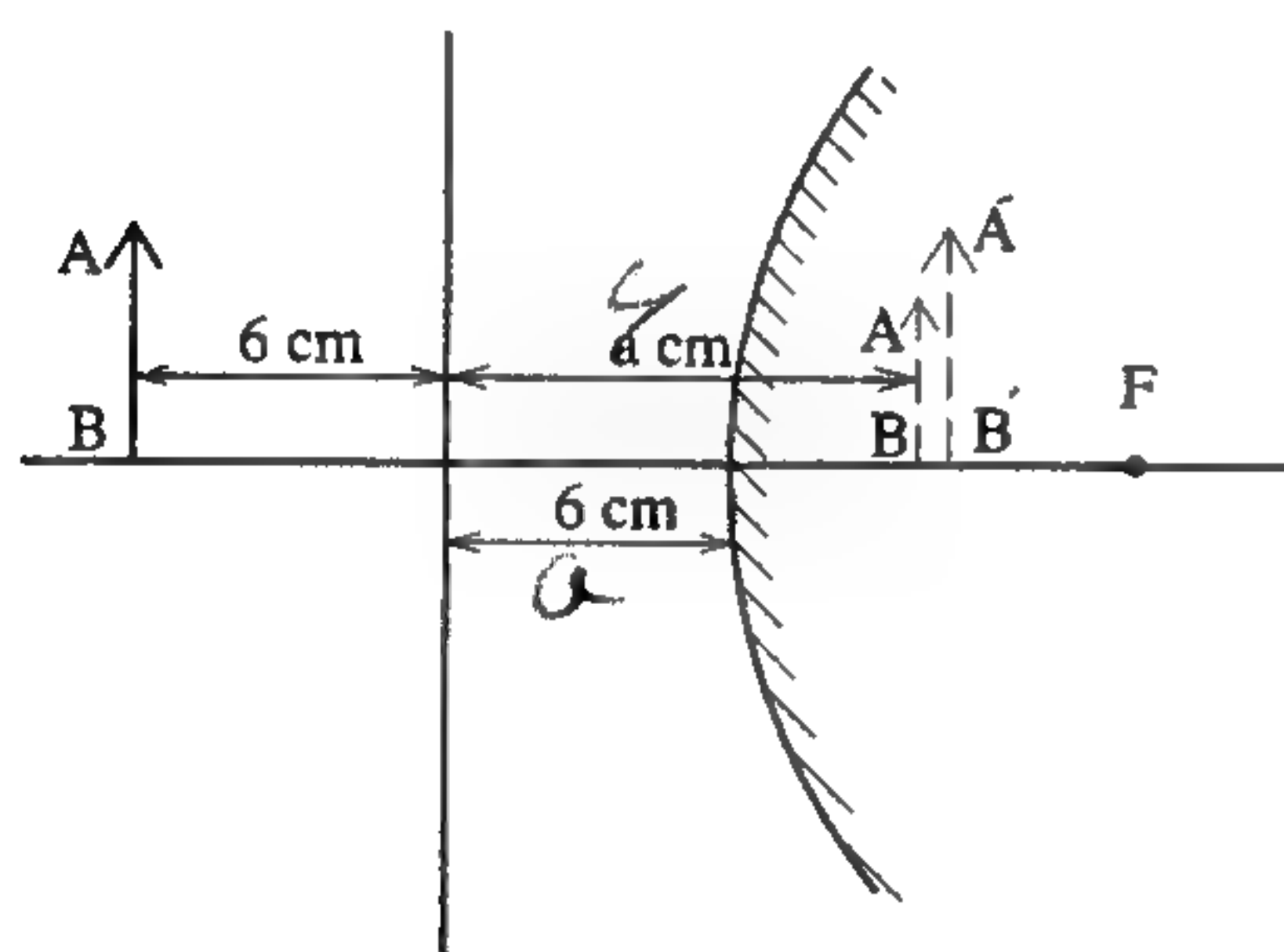


$$r = -10 \text{ Cm} \Rightarrow f = \frac{r}{2} = -5 \text{ Cm}$$

(۴-۱۰)

$$O = 20 \text{ Cm} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{i} = \frac{1}{-5} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{i} = -\frac{1}{5} - \frac{1}{20} \Rightarrow i = -4 \text{ Cm}$$



۱۱-۲) تصویر جسم در تیغه در ۶ سانتی متری

تیغه قرار دارد و اگر فاصله آینه تا تیغه a باشد

فاصله این تصویر تا آینه ۶ - a است. بنابراین

با توجه به آنکه فاصله جسم تا آینه $O = 6 + a$

است بنابراین $|i| = 6 - a$

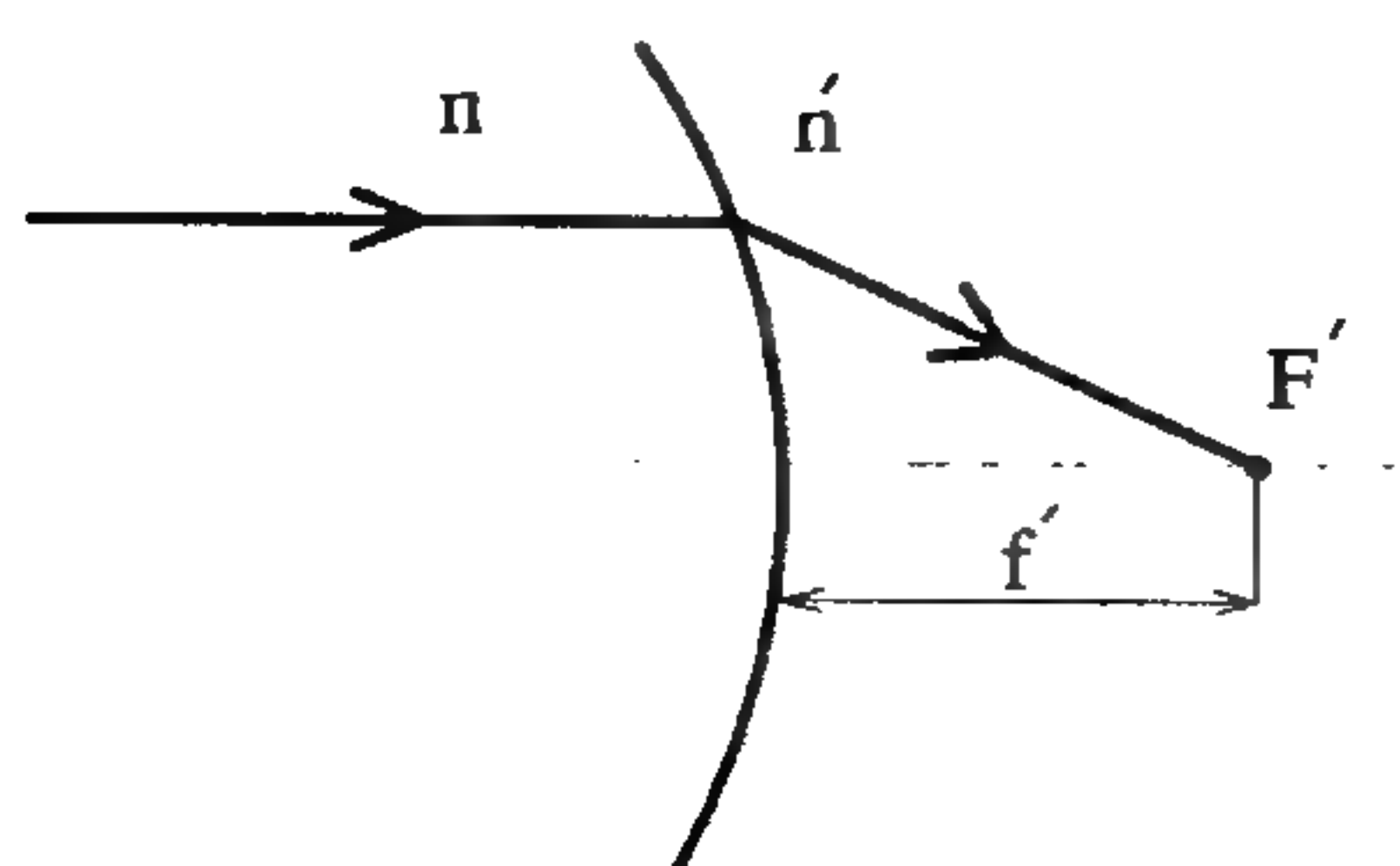
$$\text{بزرگی تصویر در آینه} : \text{بزرگی تصویر در تیغه} = \frac{A''B''}{A'B'} = \frac{A''B''}{AB} = -\frac{i}{O} = -\frac{|i|}{O}$$

$$= \frac{6 - a}{6 + a}$$

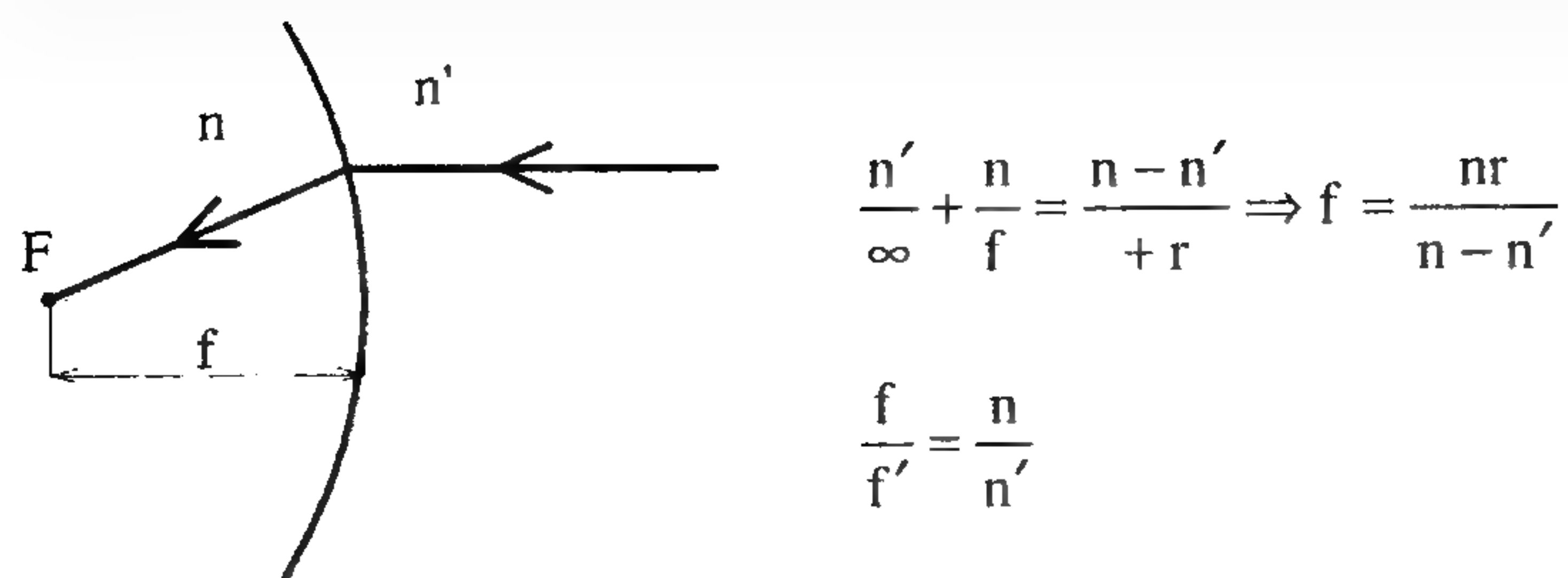
$$= \frac{6 - 2}{6 + 2} = \frac{1}{2}$$

اگر $a = 2 \text{ Cm}$ باشد داریم :

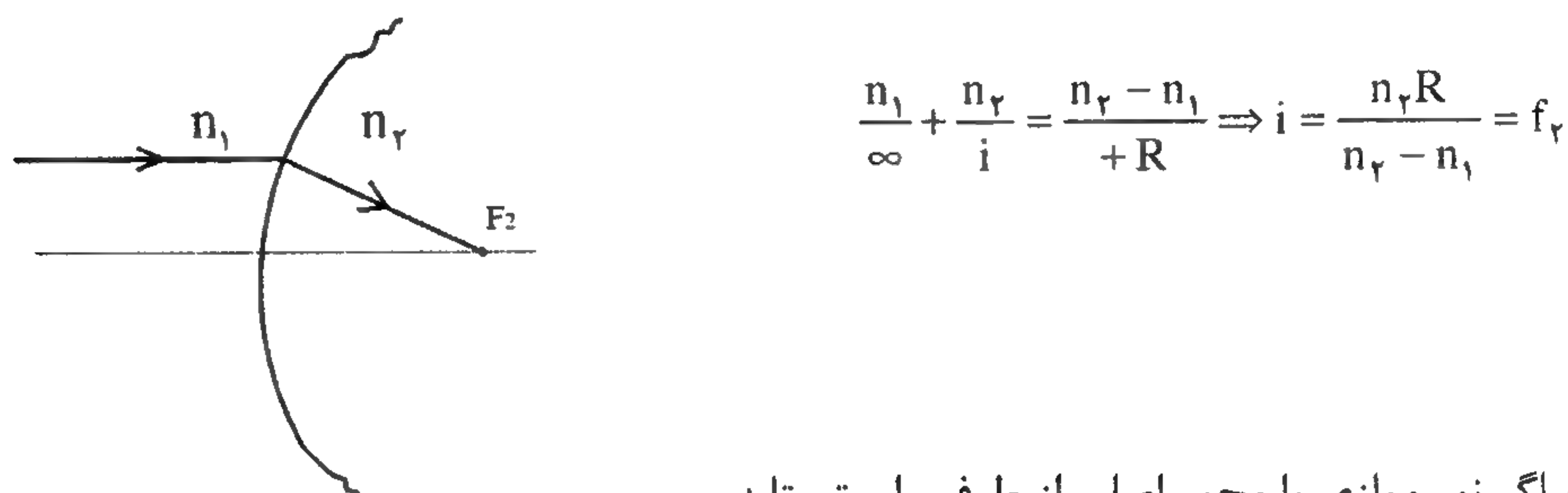
۱۲-۱) نور از سمت چپ و از بی نهایت می‌آید.



$$\frac{n}{\infty} + \frac{n'}{f'} = \frac{n' - n}{(-r)} \Rightarrow f' = \frac{n'r}{n - n'}$$



۱۳-۱) اگر نور موازی با محور اصلی (جسم در بی نهایت) از طرف چپ بیاید. $O = \infty \Rightarrow i = f$



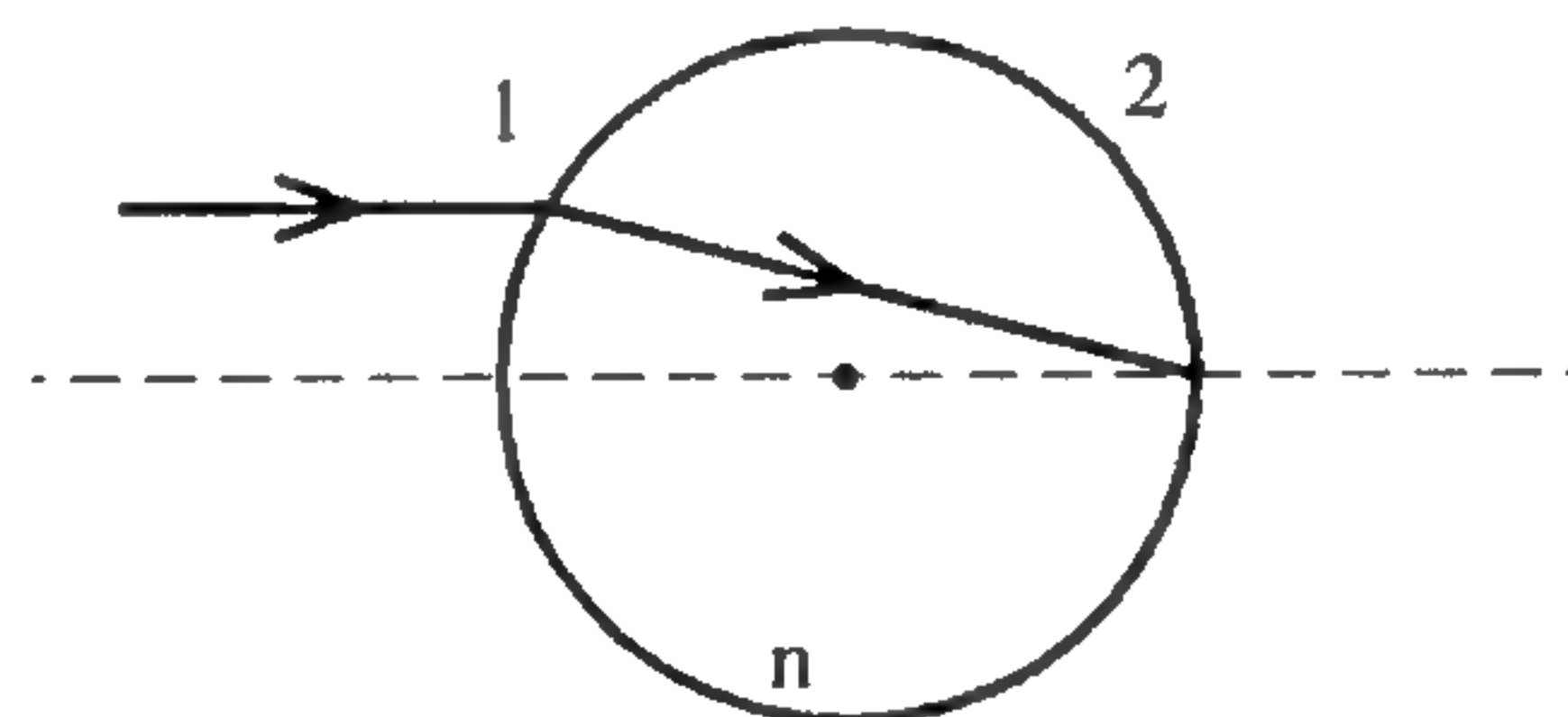
و اگر نور موازی با محور اصلی از طرف راست بتابد.

$$\frac{n_2}{\infty} + \frac{n_1}{i} = \frac{n_1 - n_2}{(-R)} \Rightarrow i = -\frac{n_1 R}{n_1 - n_2} = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1} = f_1$$

$$r_1 = R \quad \text{و} \quad r_2 = -R$$

$$p = \infty \quad \text{و} \quad q = 2R$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{n}{2R} = \frac{n-1}{R} \Rightarrow n = 2$$



۱۴-۴)

۱۵-؟) اگر جسم در ∞ باشد محل تصویر نهایی فاصله کانونی را نشان می دهد. $O = \infty \Rightarrow i = f'$

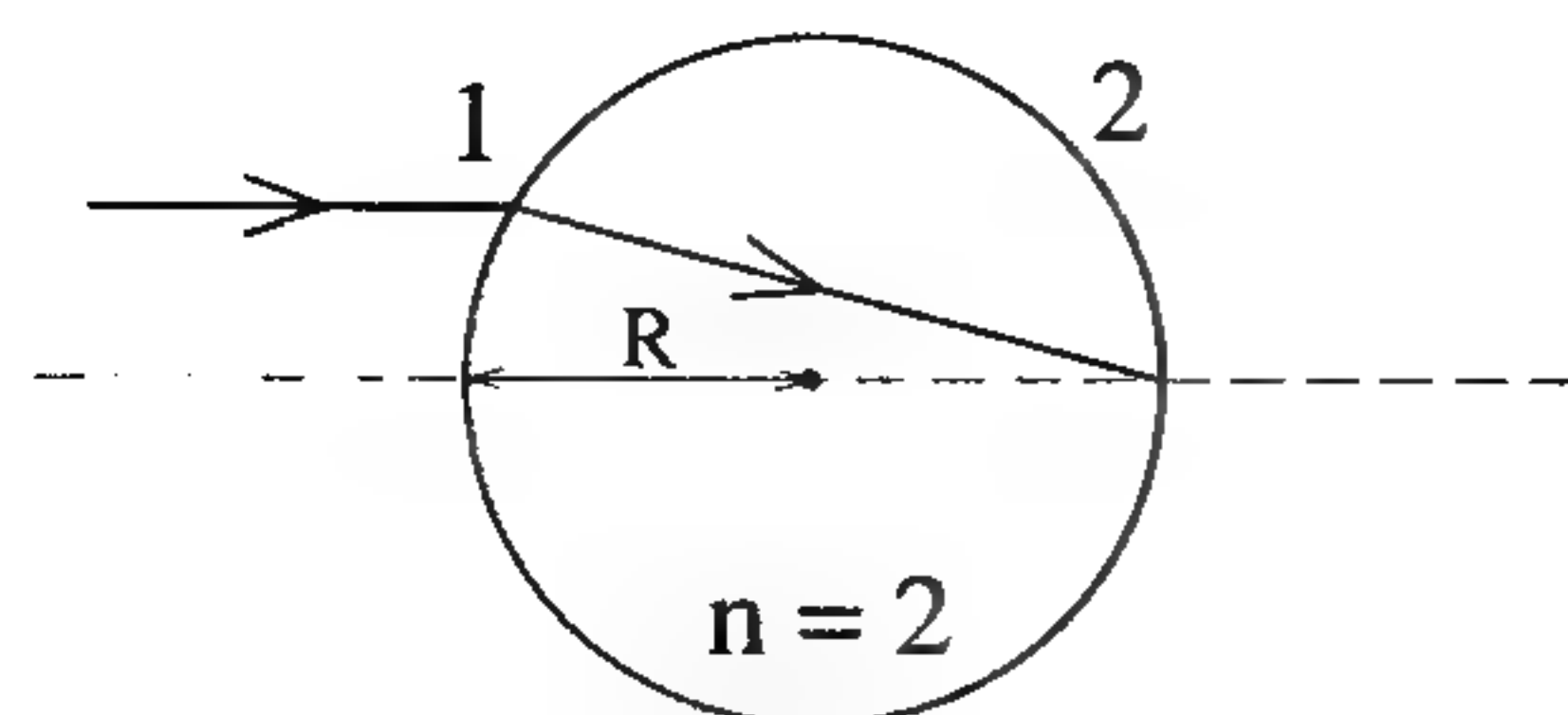
$$\frac{n_o}{\infty} + \frac{n_r}{i'} = \frac{n_r - n_o}{+R_1} \Rightarrow i' = \frac{n_r R_1}{n_r - n_o}$$

چون عدسی نازک است طول آن $L \approx 0$ است بنابراین فاصله تصویر I' به عنوان شیئی برای سطح دوم

(تا سطح دوم) عبارت است از: $O' = L - i' \approx -i'$

$$\frac{n_r}{O'} + \frac{n_i}{i} = \frac{n_i - n_r}{-R_2} \Rightarrow \frac{n_r}{-\frac{n_r R_1}{n_r - n_o}} + \frac{n_i}{i} = \frac{n_i - n_r}{-R_2}$$

$$\frac{n_i}{i} = \frac{n_r - n_o}{R_1} - \frac{n_i - n_r}{R_2} \Rightarrow i = f' = \frac{n_i}{\frac{n_r - n_o}{R_1} - \frac{n_i - n_r}{R_2}}$$

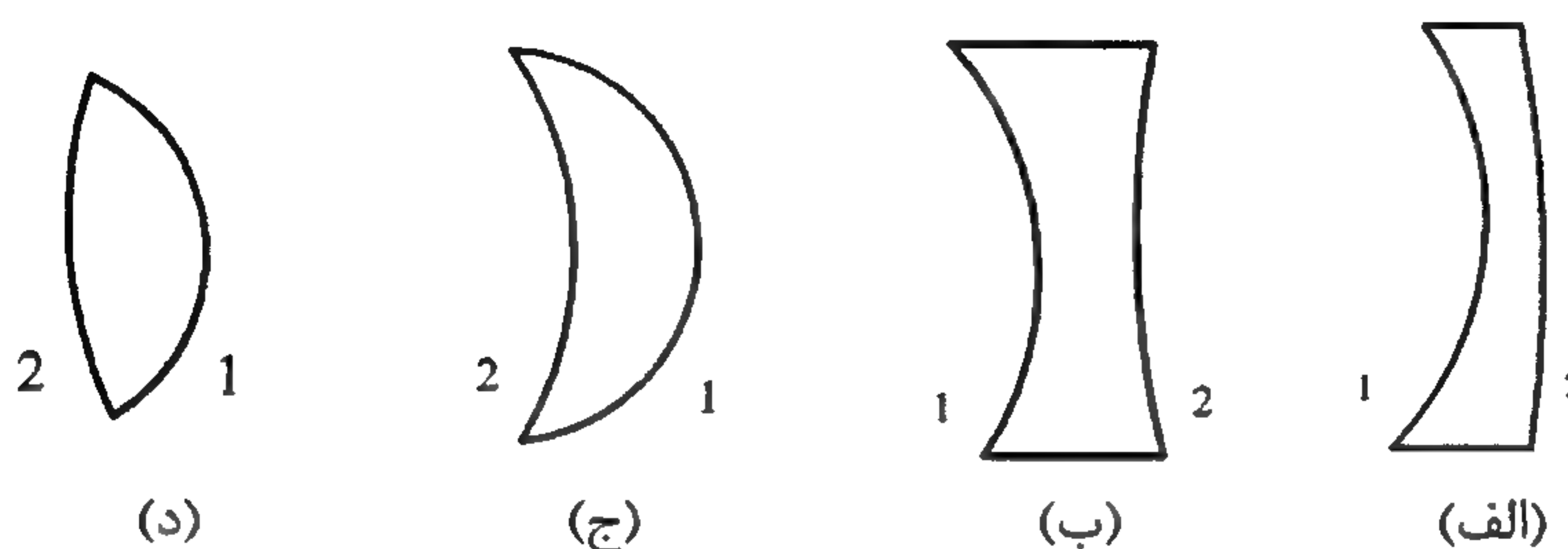


۱۶-۱) پرتو نور موازی با محور اصلی است. ($O = \infty$)

$$\frac{1}{\infty} + \frac{2}{i'} = \frac{2-1}{+R} = \frac{1}{R} \Rightarrow i' = 2R$$

تصویر ناشی از سطح اول درست روی سطح دوم می‌افتد.

۱۷-۱)



عدسیهای الف و ب واگرا و عدسیهای ج و د همگرا هستند $r_1 = 10 \text{ Cm}$ و $r_2 = 20 \text{ Cm}$

$$\begin{aligned} \text{در هوا} \quad \frac{1}{f_1} &= \frac{n-1}{1} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \\ &\Rightarrow \frac{1}{f_r} < \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_r > f_1 \\ \text{در آب} \quad \frac{1}{f_r} &= \frac{n-1/33}{1/33} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \end{aligned} \quad (2-18)$$

۱۹-۲) با توجه به رابطه $\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ هر چه ضریب شکست n بیشتر باشد f کمتر است

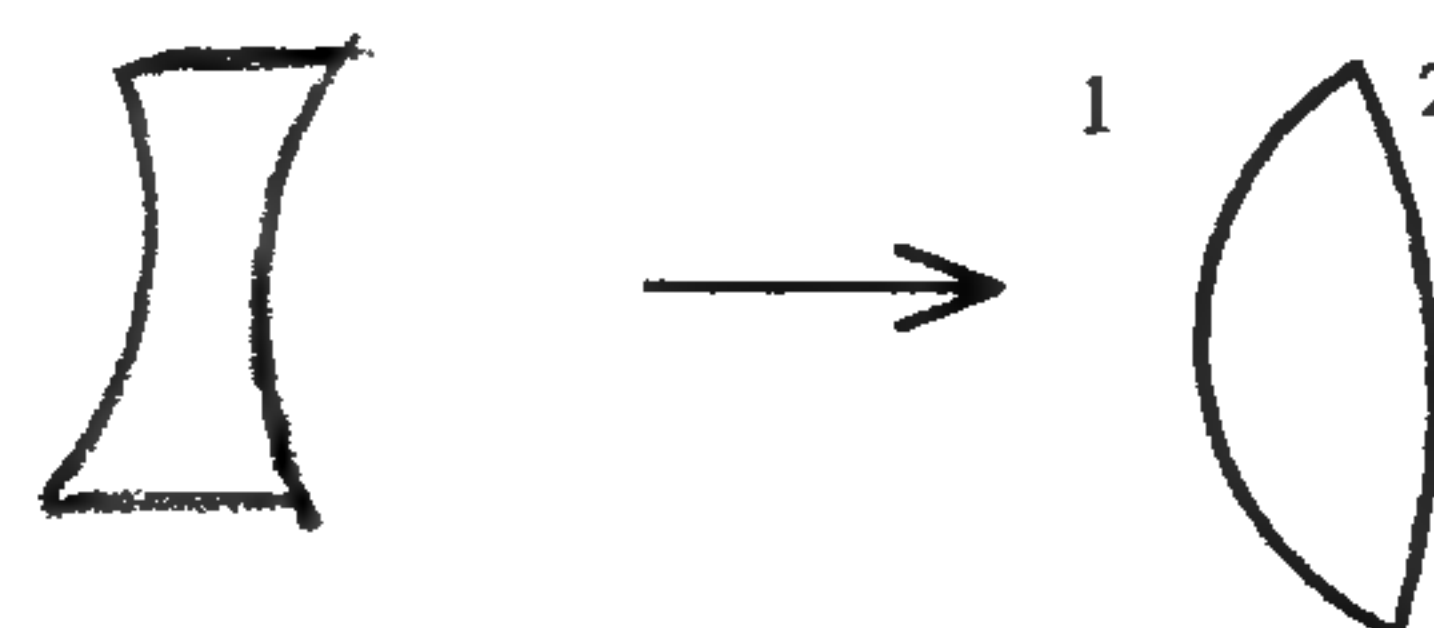
بنابراین تنها گزینه ۲ درست است. به عبارتی کانون مربوط به رنگ زرد در فاصله دورتر از عدسی نسبت به کانون مربوط به رنگ سبز تشکیل می‌شود، زیرا ضریب شکست عدسی برای نور زرد، کمتر است.

۲۰-۱) یک عدسی مقعرالطرفین (دو کاو) سیستمی واگرا است و رابطه زیر را برای یک عدسی مقعرالطرفین که در محیطی به ضریب شکست n_1 قرار دارد داریم:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{-R_2} \right) = \left(\frac{1/5}{1/8} - 1 \right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{40} \right)$$

R_1 و R_2 شعاع طرفین و n_2 ضریب شکست عدسی است.

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{1}{80} \Rightarrow f = -80 \text{ Cm}$$



$$\frac{1}{f} = \frac{n - n'}{n'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3-21)$$



برای عدسی محدب‌الطرفین $\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} > 0$ بنابراین اگر $n < n'$ باشد $f < 0$

(۲۲-۴) رابطه همگرایی عدسی با ضریب شکست و شعاع انحنای طرفین :

$$C = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

n_1 ضریب شکست محیطی است که عدسی در آن قرار دارد.

در حالی که برای آینه $f = \frac{R}{2}$ وابستگی به محیط ندارد.

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

(۳-۲۳)

$$\frac{1}{f'} = (n + \Delta n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \Delta n \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{1}{f} + \frac{\Delta n}{(n - 1)} (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{f} + \frac{\Delta n}{n - 1} \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{f}{f'} = 1 + \frac{\Delta n}{(n - 1)} \Rightarrow 1 - \frac{f}{f'} = \frac{f' - f}{f'} = -\frac{\Delta n}{n - 1} \Rightarrow \frac{\Delta f'}{f'} = -\frac{\Delta n}{n - 1}$$

علامت منفی نشان‌دهنده آن است که اگر $\Delta n > 0$ باشد فاصله کانونی کاهش می‌یابد : $f' < f$ و بالعکس اگر $\Delta n < 0$ باشد $f' > f$.

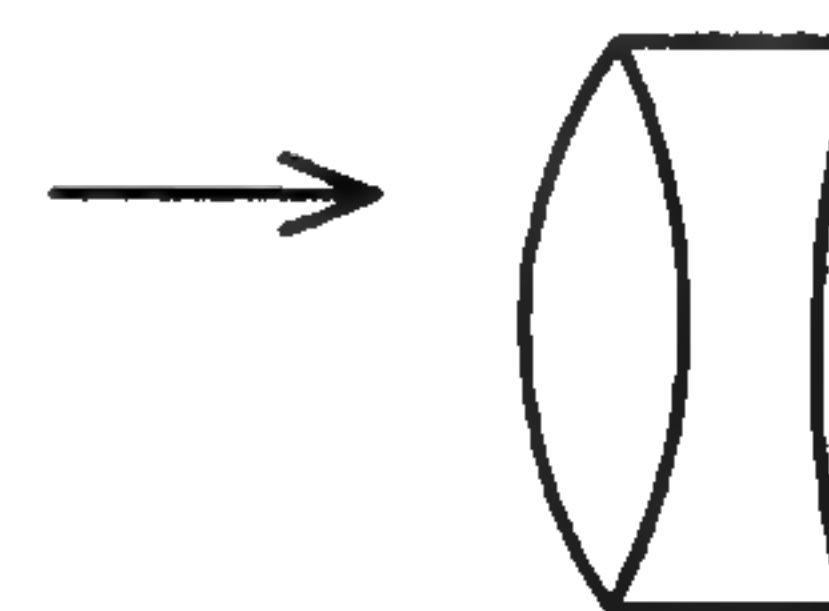
$$\frac{1}{f_1} = (n - 1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{-R} \right) = (n - 1) \frac{2}{R}$$

عدسی محدب‌الطرفین

(۳-۲۴)

$$\frac{1}{f_2} = (n' - 1) \left(\frac{1}{-R} - \frac{1}{+R} \right) = (n' - 1) \left(\frac{-2}{R} \right)$$

عدسی مقعرالطرفین



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = (n - 1) \left(\frac{2}{R} \right) + (n' - 1) \left(\frac{-2}{R} \right) = \frac{2}{R} (n - n') \Rightarrow f = \frac{R}{2(n - n')}$$

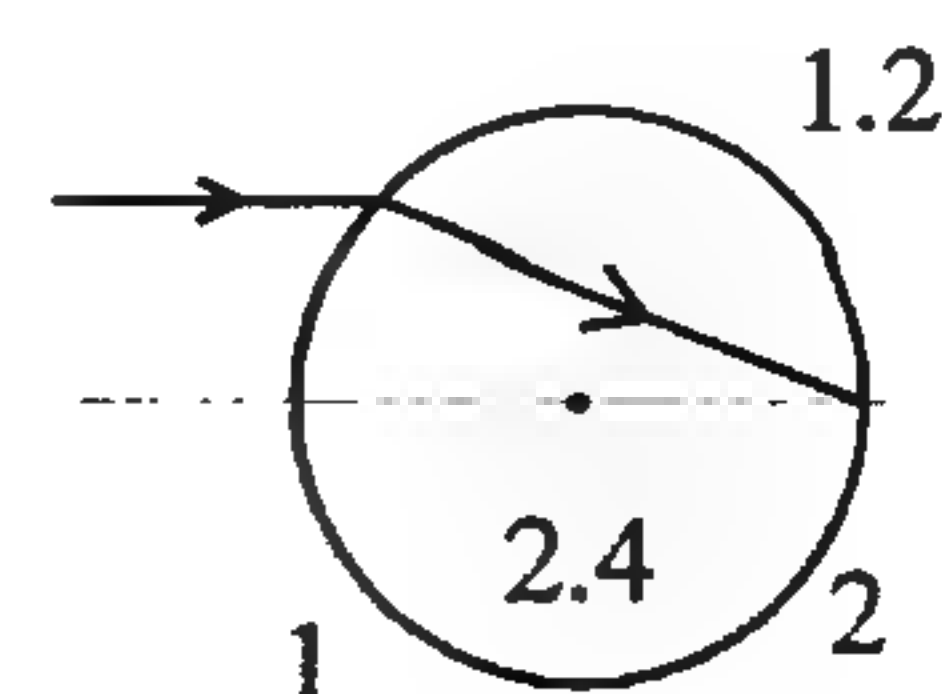
$$P = \infty \Rightarrow i = f \quad \text{و} \quad R_1 = +R \quad \text{و} \quad R_2 = -R$$

(۴-۲۵)

$$\text{برخورد نور به سطح اول : } \frac{1/2}{\infty} + \frac{2/4}{i'} = \frac{2/4 - 1/2}{+R} \Rightarrow i' = \frac{2/4R}{1/2} = 2R$$

$$O' = L - i' = 2R - 2R = 0$$

عنوان شیء برای سطح دوم

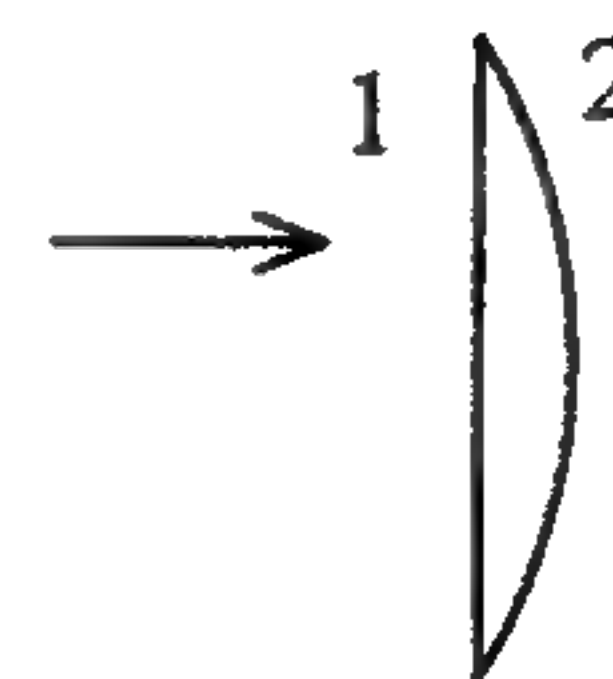


بنابراین پرتوهای موازی با محور اصلی روی سطح مقابل جمع شده و کانون تا سطح مقابل فاصله $2R$ دارد.

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{و} \quad r_1 = \infty \quad \text{و} \quad r_2 = -25 \text{ Cm} \quad (1-26)$$

$$= (1/5 - 1) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{-25} \right) = 0/5 \left(\frac{1}{25} \right) = \frac{1}{50}$$

$$\Rightarrow f = 50 \text{ Cm}$$



(1-27)

$$|r_1| = 1 \text{ m} \quad \text{و} \quad |r_2| = \sqrt{\frac{2}{3}} \text{ m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{n-n'}{n'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

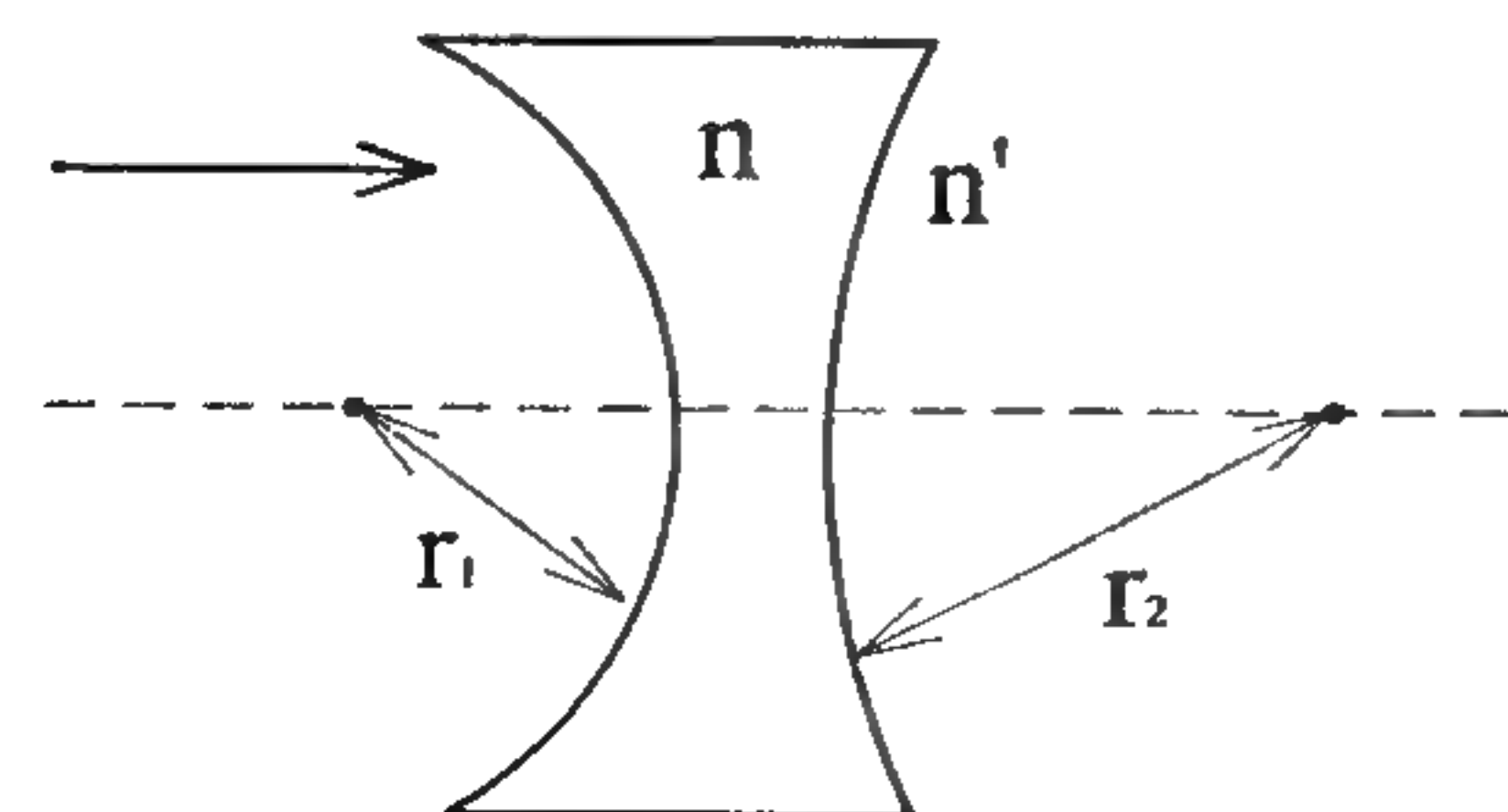
$$= \frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \left(\frac{1}{+1} - \frac{1}{-\sqrt{\frac{2}{3}}} \right) = \frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \right)$$

$$= \frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \left(\frac{\sqrt{2}+\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \right) = \frac{(\sqrt{3})^2 - (\sqrt{2})^2}{(\sqrt{2})^2} = \frac{1-2}{2} = -\frac{1}{2} \text{ m}$$

$$\frac{1}{f_1} = (n-1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{-R} \right) = \frac{2(n-1)}{R} \Rightarrow f_1 = \frac{R}{2(n-1)} \quad \text{عدسی محدب الطرفین :} \quad (3-28)$$

$$\frac{1}{f_r} = (n-1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{(n-1)}{R} \Rightarrow f_r = \frac{R}{(n-1)} \quad \text{عدسی تخت محدب :}$$

$$\Rightarrow f_r = 2 f_1$$



$$r_1 = -10 \text{ Cm} \quad \text{و} \quad r_2 = 30 \text{ Cm} \quad (4-29)$$

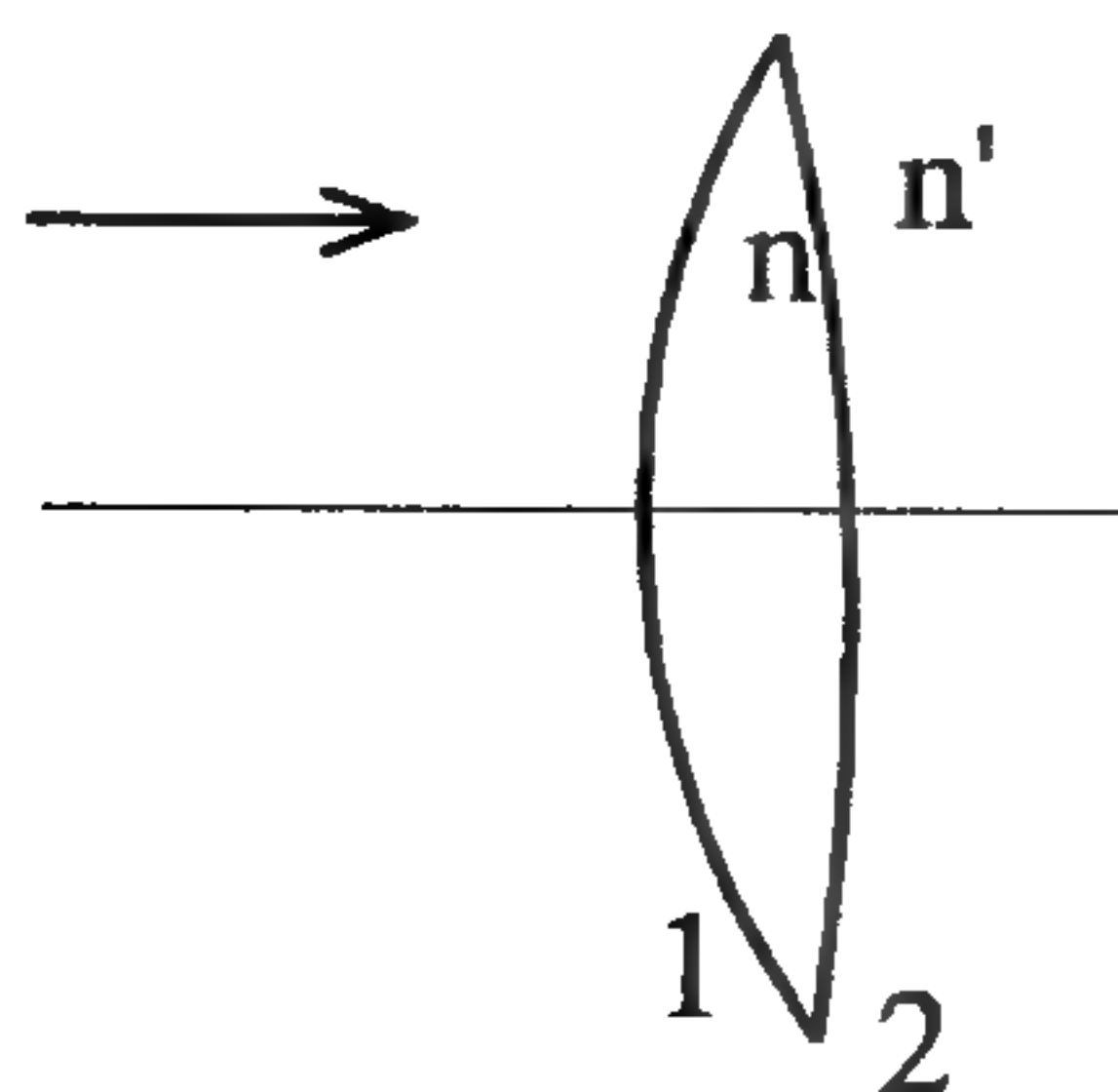
$$\frac{1}{f} = \frac{(n-n')}{n'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{(1/5 - 1/8)}{1/8} \left(\frac{1}{-10} - \frac{1}{30} \right) = \left(\frac{-0/3}{1/8} \right) \left(\frac{-4}{30} \right) \Rightarrow f = +45 \text{ Cm}$$

پاسخ نزدیک به گزینه ۴ است.

$$n = \frac{5}{3} \quad \text{و} \quad n' = \frac{4}{3} \quad (4-30)$$

$r_1 = 30 \text{ Cm}$ شعاع انحنای سطح اول

$r_2 = -50 \text{ Cm}$ شعاع انحنای سطح دوم



$$\frac{1}{f} = \frac{n - n'}{n'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_r} \right) = \frac{\left(\frac{5}{3} - \frac{4}{3} \right)}{\left(\frac{4}{3} \right)} \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{-50} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{50} \right) = \frac{2}{150} \Rightarrow f = +75 \text{ Cm}$$

۳۱-۲ با توجه به معادله $\frac{1}{f} = \frac{n - n'}{n'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_r} \right)$ در آب چون $n' > 1$ است f نسبت به حالتی که $n' = 1$ است کمتر است.

(۱-۳۲)

۳۳-۱ چون ضریب شکست عدسی برای نور بنفش بیشتر است ($n_r < n_v$) فاصله کانونی نور بنفش کمتر است $f_r > f_v$.

۳۴-۴ چون ضریب شکست n برای نور بنفش بیشتر است. در نتیجه f کمتر بوده و کانون بنفش به عدسی نزدیکتر است.

$$\frac{-q}{p} = 2 \Rightarrow q = -2p \quad (2-35)$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{-2p} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 2p$$

$$p = 15 \text{ Cm} \quad \text{و} \quad \text{عدسی همگرا} \quad f = +5 \text{ Cm} \quad (1-36)$$

$$q = \frac{fp}{p-f} = \frac{(5)(15)}{15-5} = \frac{75}{10} = +7.5 \text{ cm}$$

$q > 0$ و تصویر حقیقی است. $7.5 - 5 = 2.5 \text{ Cm}$ فاصله تصویر از کانون

$$\frac{1}{X} + \frac{1}{X'} = \frac{1}{F} \Rightarrow X' = \frac{XF}{X-F} \Rightarrow X-F = \frac{XF}{X'} \quad (3-37)$$

$$\Rightarrow V' = \frac{-F^r}{(X-F)^r} V \Rightarrow \frac{V'}{V} = \frac{-F^r}{(X-F)^r}$$

$$\Rightarrow \frac{V'}{V} = \frac{-F^r}{\left(\frac{XF}{X'} \right)^r} = - \left(\frac{X'}{X} \right)^r$$

احتمالاً گزینه ۳ به صورت $-\left(\frac{X'}{X} \right)^r$ بوده است.

$$\frac{1}{X} + \frac{1}{X'} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{X'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{X} = \frac{X-F}{XF} \quad (1-38)$$

$$\Rightarrow X' = \frac{XF}{X-F} \Rightarrow \dot{X}' = \frac{\dot{X} F(X-F) - \dot{X} XF}{(X-F)^2}, \dot{X} = V, \dot{X}' = V'$$

$$\Rightarrow V' = -\frac{\dot{X} F^2}{(X-F)^2} = -\frac{F^2}{(X-F)^2} V$$

علامت منفی نشان می‌دهد جهت حرکت تصویر در خلاف جهت حرکت جسم است. بنابراین تصویر با سرعت $\frac{F^2}{(X-F)^2} V$ از عدسی دور می‌شود.

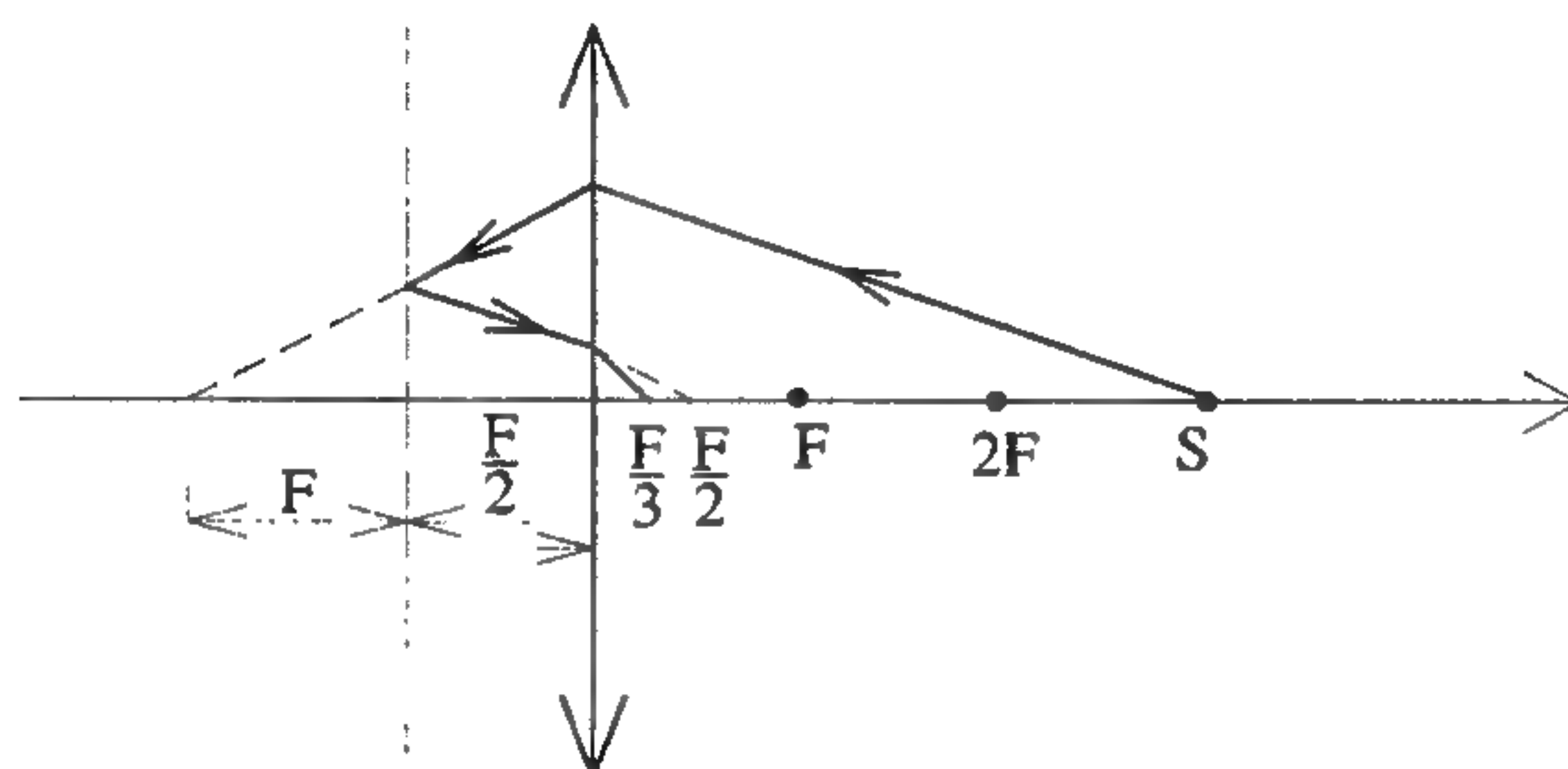
$$x' = \frac{f^2}{x} \Rightarrow \Delta x' = f^2 \Delta \left(\frac{1}{x} \right) = f^2 \left(\frac{-\Delta x}{x^2} \right) \Rightarrow \frac{\Delta x'}{\Delta x} = -\frac{f^2}{x^2} \quad (2-39)$$

$$\frac{1}{3f} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow q = \frac{3f}{2} \Rightarrow \text{بنابراین تصویر در فاصله } f \text{ پشت آینه می‌افتد} \quad (4-40)$$

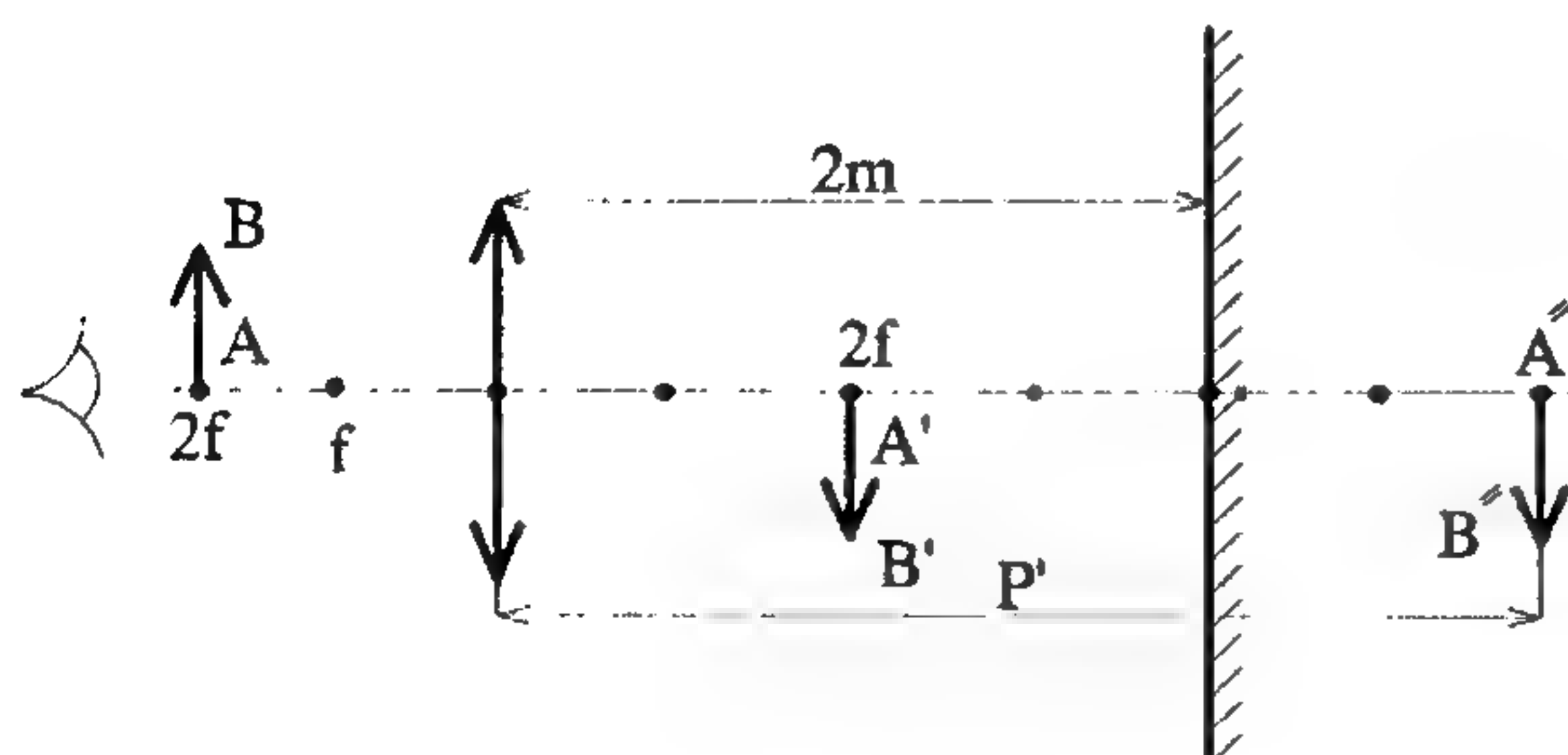
چون تصویر برای آینه تخت مجازی است با $p = -f$ آینه تصویر حقیقی در فاصله f در جلوی خود می‌دهد که به فاصله $\frac{f}{2}$ در سمت راست عدسی می‌افتد. پس نهایتاً برای این عدسی داریم $p = -\frac{f}{2}$

که :

$$\frac{1}{(-\frac{f}{2})} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow q = \frac{f}{3}$$

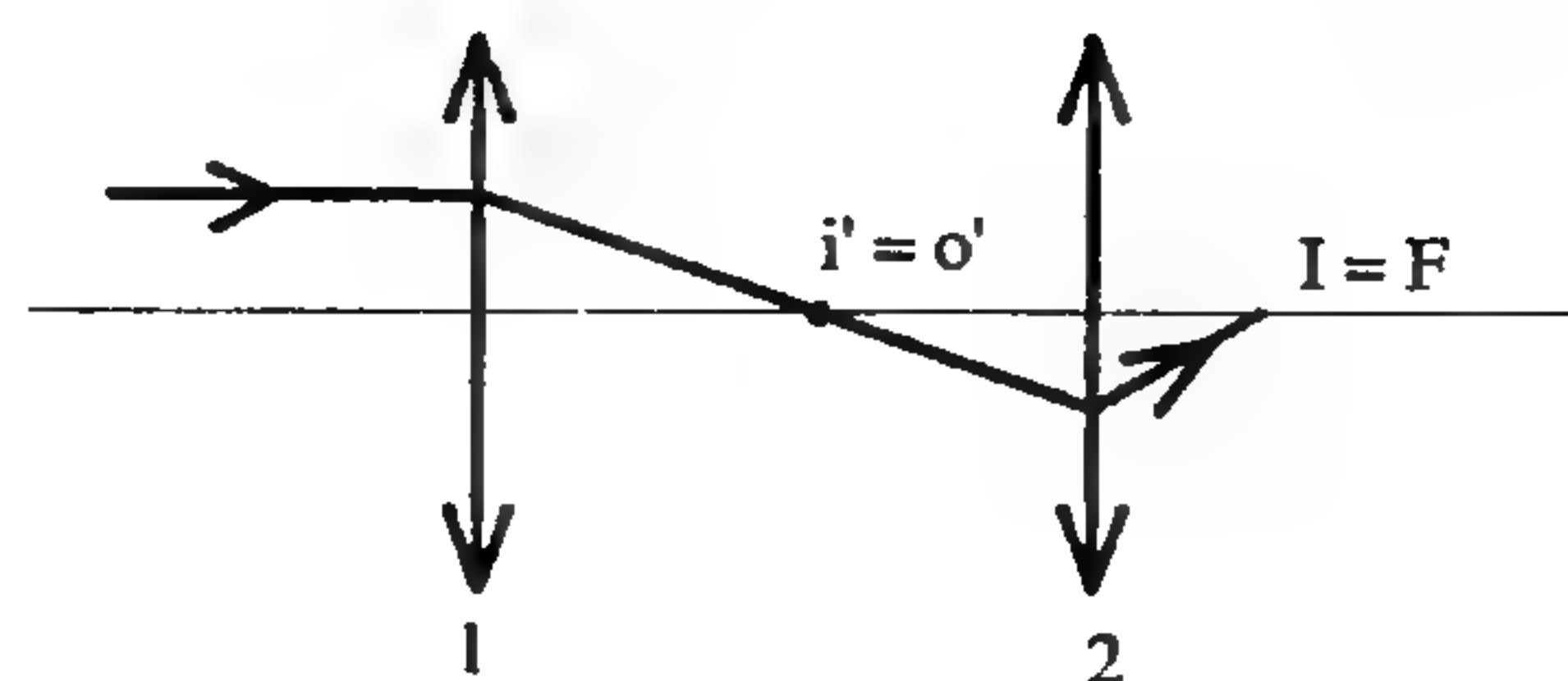


(2-41)



چون جسم درست روی $2f$ قرار دارد ($p = 1 \text{ m}$ و $f = 0.5$) بنابراین تصویر $A'B'$ هم روی $2f$ افتاده و چون فاصله آینه تا عدسی 2 m است پس فاصله آینه تا $A'B'$ برابر 1 m بوده و فاصله تصویر $A'B'$ در آینه یعنی $A''B''$ تا عدسی 2 m است پس $p' = 3 \text{ m}$ که فاصله جسم $A''B''$ برای عدسی است پس برای q' فاصله تصویر نهایی که در عدسی توسط چشم دیده می‌شود داریم:

$$q' = \frac{fp'}{p' - f} = \frac{(0.5)(3)}{3 - 0.5} = 0.6$$



(۴-۴۲)

اگر جسم در بی نهایت باشد تصویر نهایی در کانون است.

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{i'} = \frac{1}{f_1} \Rightarrow i' = f_1$$

بنابراین فاصله تصویر در عدسی اول به عنوان شیء برای عدسی دوم عبارت است از :

$$O' = d - i' = d - f_1 \text{ و } d > f_1 + f_2 \Rightarrow O' > 0$$

شیء جدید در جلوی عدسی دوم است.

$$\frac{1}{O'} + \frac{1}{i} = \frac{1}{d - f_1} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow i = \frac{f_2(d - f_1)}{d - f_1 - f_2} = \text{فاصله کانونی}$$

حال اگر نور از سمت راست و به سمت عدسی با فاصله کانونی f_2 بتابد.

$$i' - f_2 \Rightarrow O' = d - f_2 \Rightarrow i = \frac{f_1(d - f_2)}{d - f_1 - f_2} = \text{فاصله کانونی}$$

$$F = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2m} = 5 \text{ دیوپتر توان}$$

(۲-۴۳)

$$f_1 = 20 \text{ Cm} = 0.2 \text{ m و } f_2 = -50 \text{ Cm} = -0.5 \text{ m}$$

(۱-۴۴)

$$F = F_1 + F_2 = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{0.2} + \frac{1}{-0.5} = 5 - 2 = 3$$

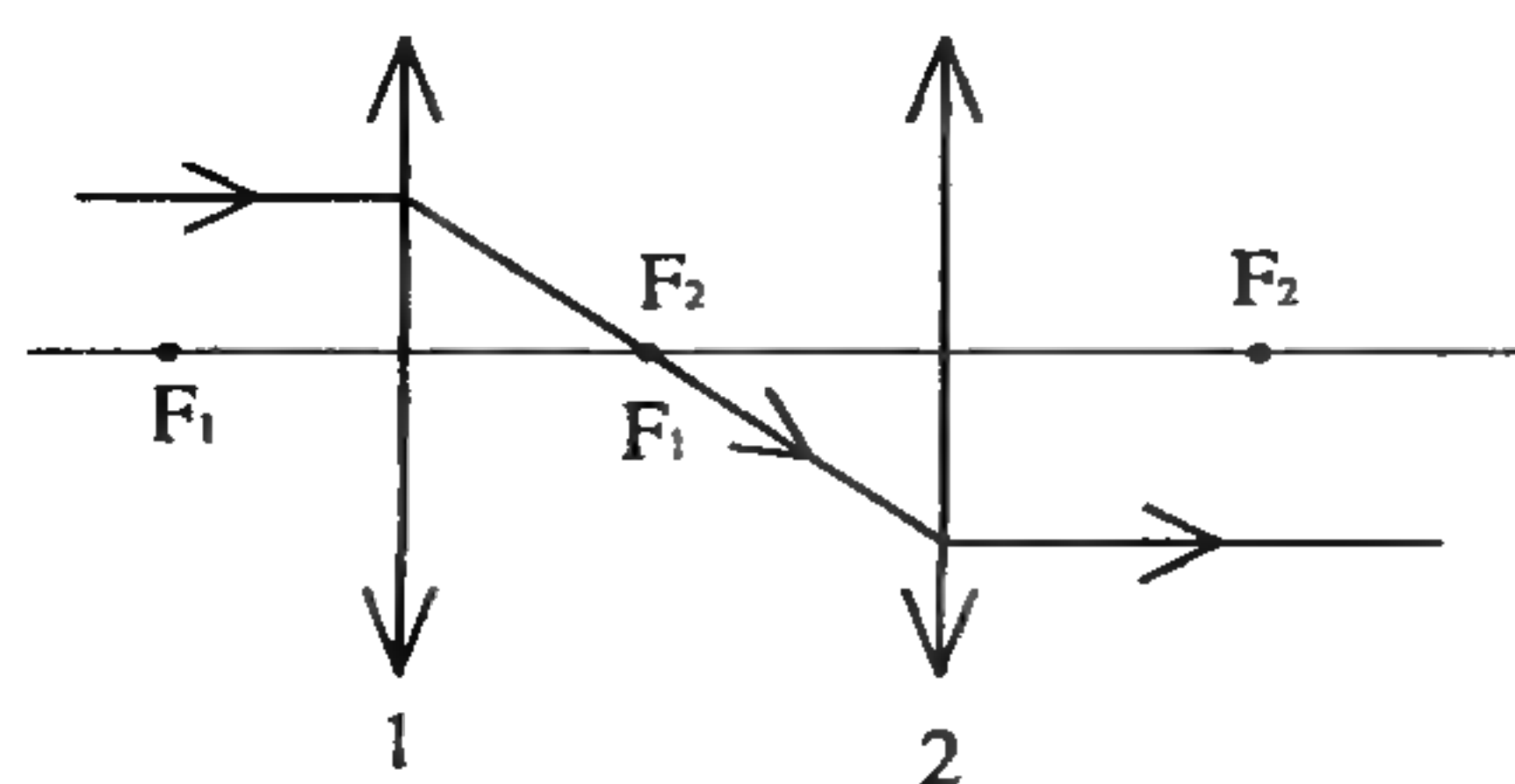
(۳-۴۵) از یک عدسی محدب الطرفین دو عدسی ساخته ایم اگر دو عدسی از همان جا که برش

داده شده اند دو باره به هم چسبانده شوند عدسی اول ساخته می شود $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$. حالا اگر یک

عدسی را وارون قرار دهیم باز چون کانون آن تغییر نمی کند از چسباندن آن دو به هم داریم :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

(۱-۴۶) از میان گزینه ها، تنها گزینه ۱ امکان پذیر است، چرا که دسته اشعه موازی پس از عبور از



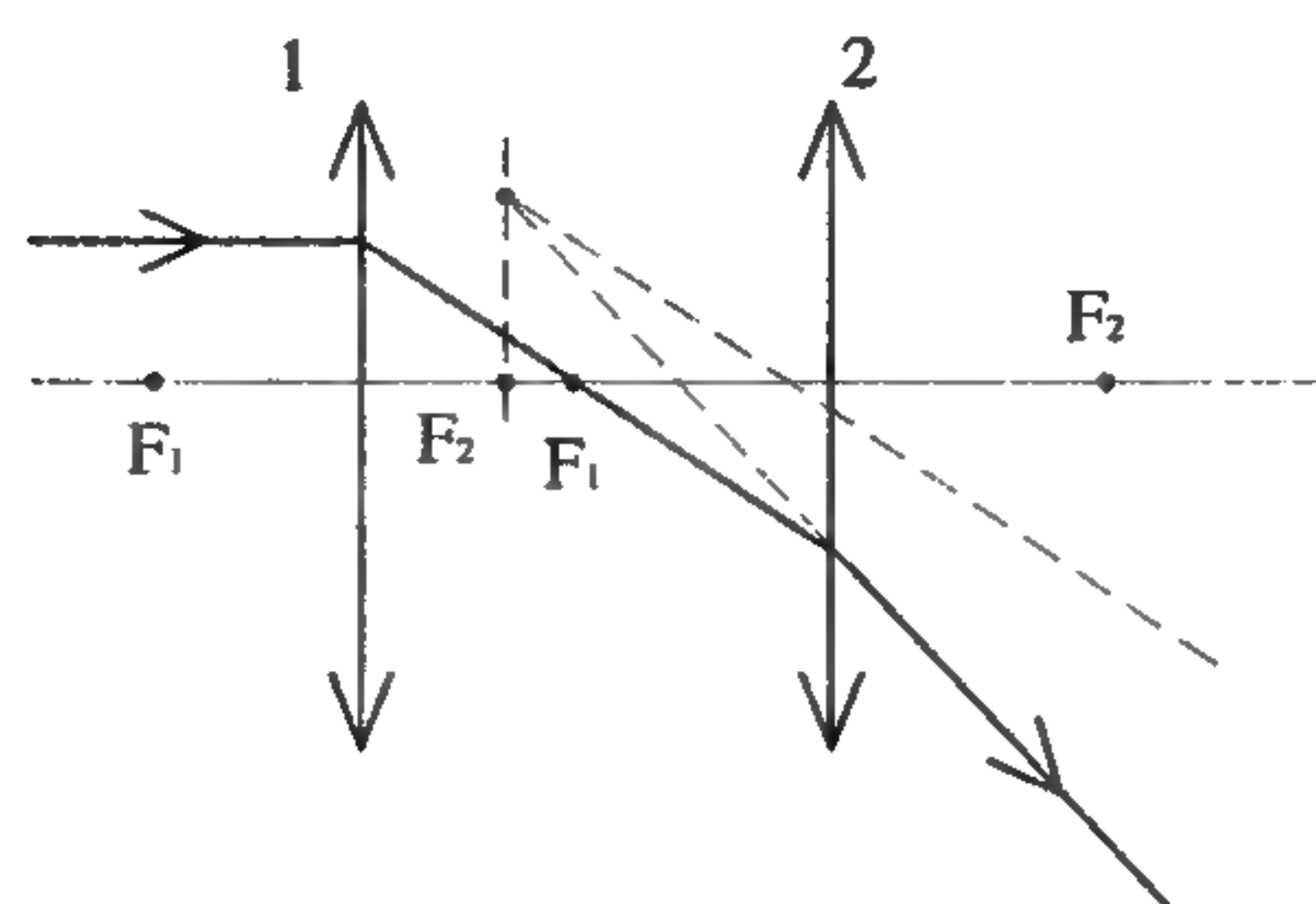
عدسی همگرای اول در کانون عدسی اول جمع می شود

و چون کانون عدسی اول روی کانون عدسی دوم قرار

دارد پرتو پس از خروج از عدسی دوم موازی خارج

می شود.

بنابراین گزینه ۲ غلط است چون پرتوی نهایی موازی خارج می‌شود. از طرفی اگر فاصله دو عدسی از $f_1 + f_2$ کمتر باشد چون محل تلاقی پرتو موازی اولیه در کانون f_1 است که در فاصله کانونی f_2 عدسی دوم افتاده است. در واقع تصویر (جسم در ∞) در عدسی اول در فاصله کانونی f_2 افتاده و در نتیجه تصویر نهایی مجازی بوده و پرتو نهایی واگرا خواهد بود (و نه متقارب).



(۳-۴۸)

(۲-۴۷)

$$\text{دیوپتر} = \frac{1}{f} = \frac{1}{-۲} = -۰/۵ = \text{نمره عینک}$$

(۱-۴۹)

(۱-۵۰) عیب چشم شخص با حداقل رویت ۱۰۰ cm دوربینی می‌باشد. بنابراین نیاز به عینک با

$$q = ۱۰۰ \text{ cm}$$

عدسی همگرا دارد.

$$p = ۲۵ \text{ cm}$$

$$f = ? \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{۲۵} - \frac{1}{۱۰۰} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{۱۰۰}{۳} = ۳۳/۳ \text{ cm}$$

(۱-۵۱) با توجه به آنکه فاصله کانونی عدسی زیاد می‌شود بنابراین چشم نزدیک‌بین بوده است و با

زیاد شدن فاصله کانونی تصویر بر روی پرده شبکه افتاده است.

$$-۶۰ = \text{فاصله کانونی عدسی واگرا} \Rightarrow ۶۰ \text{ cm} = \text{حداکثر فاصله قابل رویت}$$

(۳-۵۲)

اگر حداقل فاصله‌ای که چشم می‌تواند ببیند $L = ۱۲ \text{ cm}$ باشد و بخواهد با عینک مذکور به جسم نگاه

کند جسم باید در فاصله p باشد (تا تصویر مجازی در $q = -L = -۱۲ \text{ cm}$ باشد).

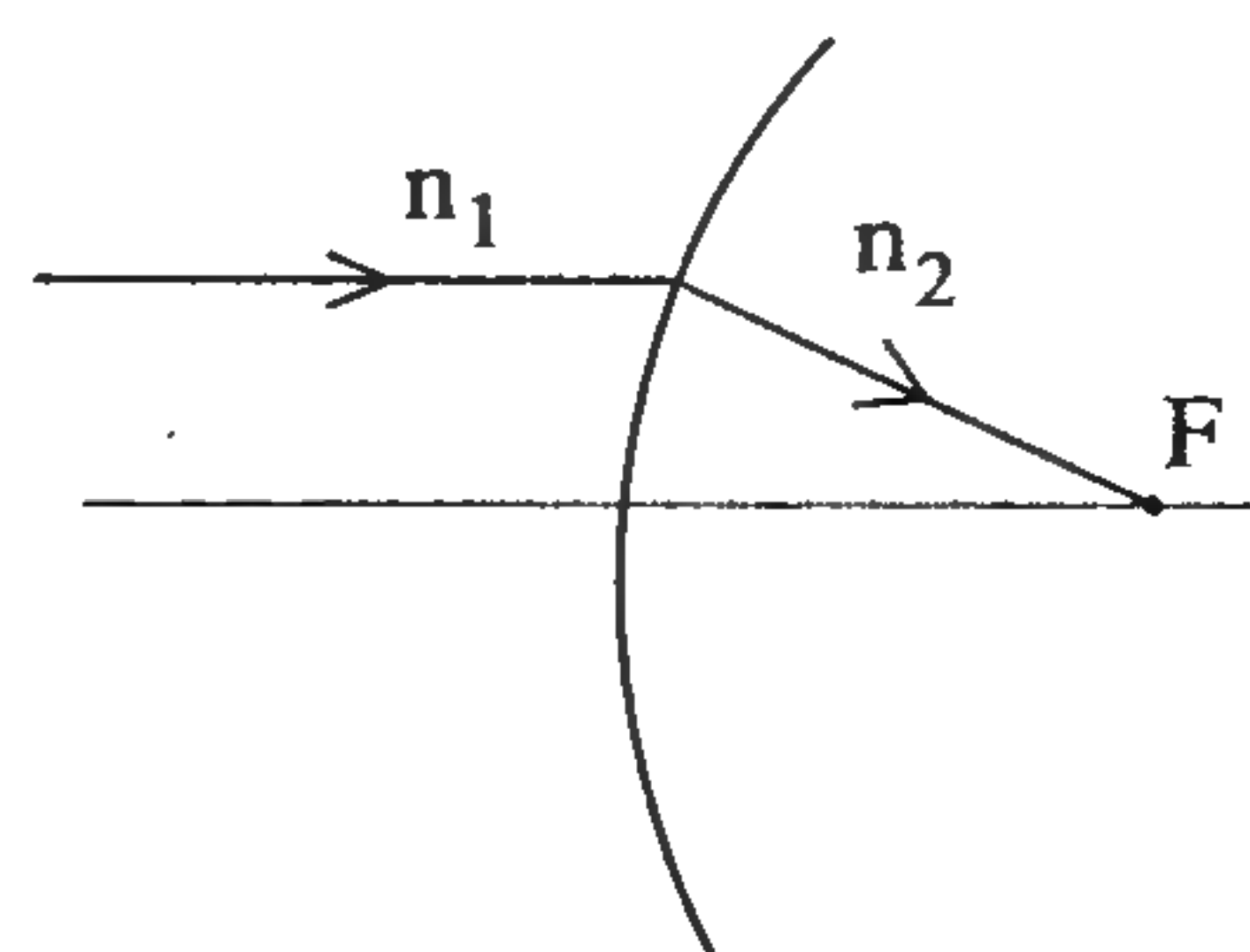
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{-۱۲} = \frac{1}{-۶۰} \Rightarrow p = ۱۵ \text{ m}$$

$$\frac{n_1}{\infty} + \frac{n_2}{f_1} = \frac{n_2 - n_1}{R_1}$$

$$\Rightarrow c_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{n_2 - n_1}{R_1 n_2} \quad \text{همگرایی}$$

$$\Rightarrow c_r = \frac{1}{f_r} = \frac{n_r - n_1}{R_r n_r} \quad \text{اگر شعاع انحنا } R_r \text{ باشد}$$

$$\Rightarrow \frac{c_1}{c_r} = \frac{R_r}{R_1}$$

(۱-۵۳) اگر $O = \infty$ باشد آنگاه $i = f$:

(۳-۵۴)

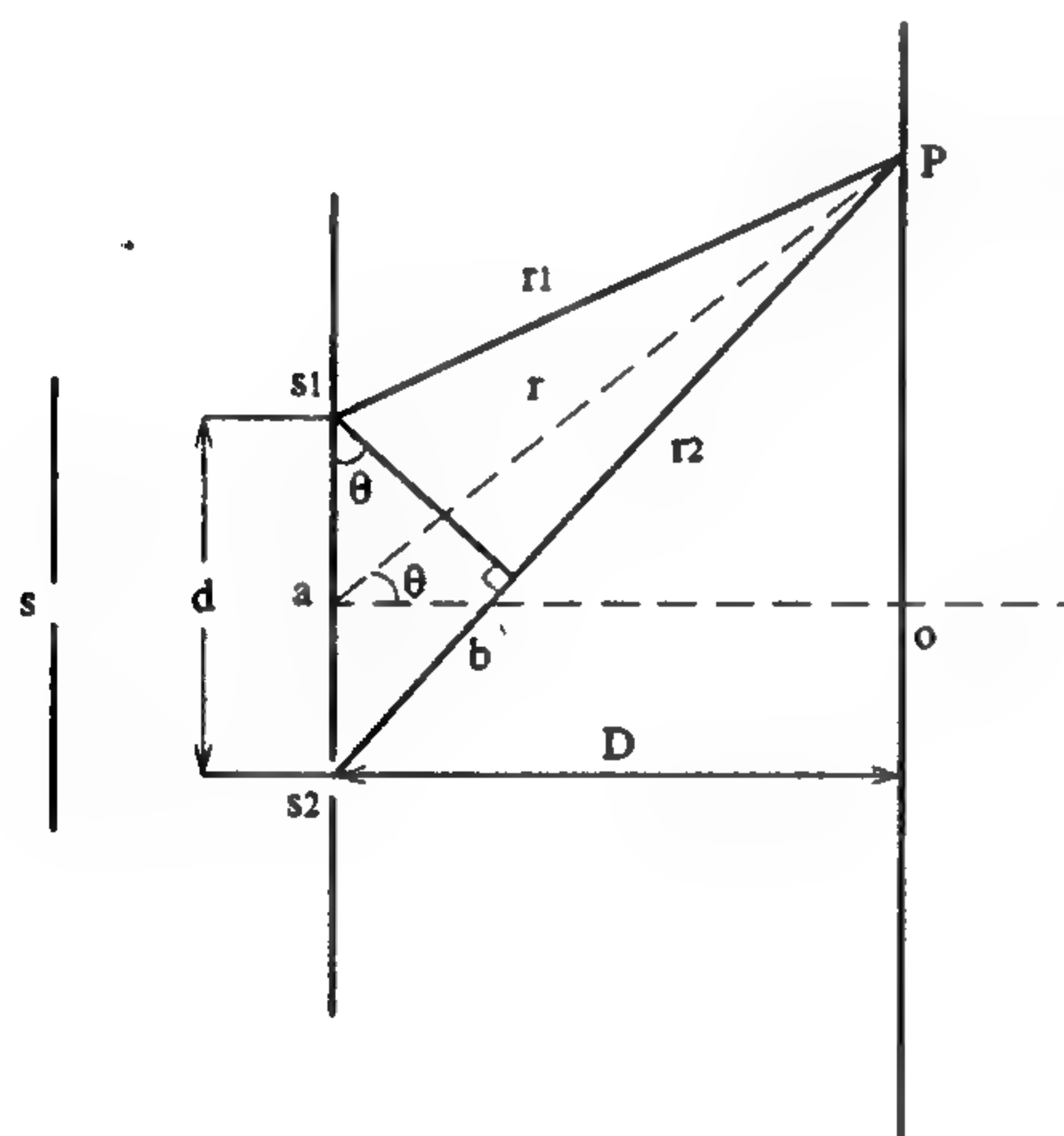
فصل چهارم

تداخل

۴-۱ آزمایش یانگ

در این فصل به چند مثال که در آنها سر و کارمان با اپتیک موجی است پرداخته و به بررسی آثار تداخلی پرتوهای نور می‌پردازیم.

در آزمایش یانگ، نور فرودی دارای یک طول موج است. دو شکاف s_1 و s_2 در مقابل چشمه s قرار دارند. چون فاصله دو شکاف (d) خیلی کوچکتر از فاصله میان دو پرده (D) است و به عبارتی r_1 و r_2 در مقایسه با d بسیار بزرگ هستند.



می‌توان فرض کرد دو زاویه \hat{pao} و $\hat{s_1 b s_2}$ با هم برابر هستند که با θ نمایش داده شده‌اند. $s_1 b$ در واقع کمانی است که به مرکزیت p زده شده است ولی به علت کوچکی می‌توان عمود بر $s_2 p$ در نظر گرفت.

نقطه p نقطه‌ای بر روی پرده است که می‌خواهیم تداخل امواج نوری آمده از s_1 و s_2 را در آن نقطه بررسی کنیم.

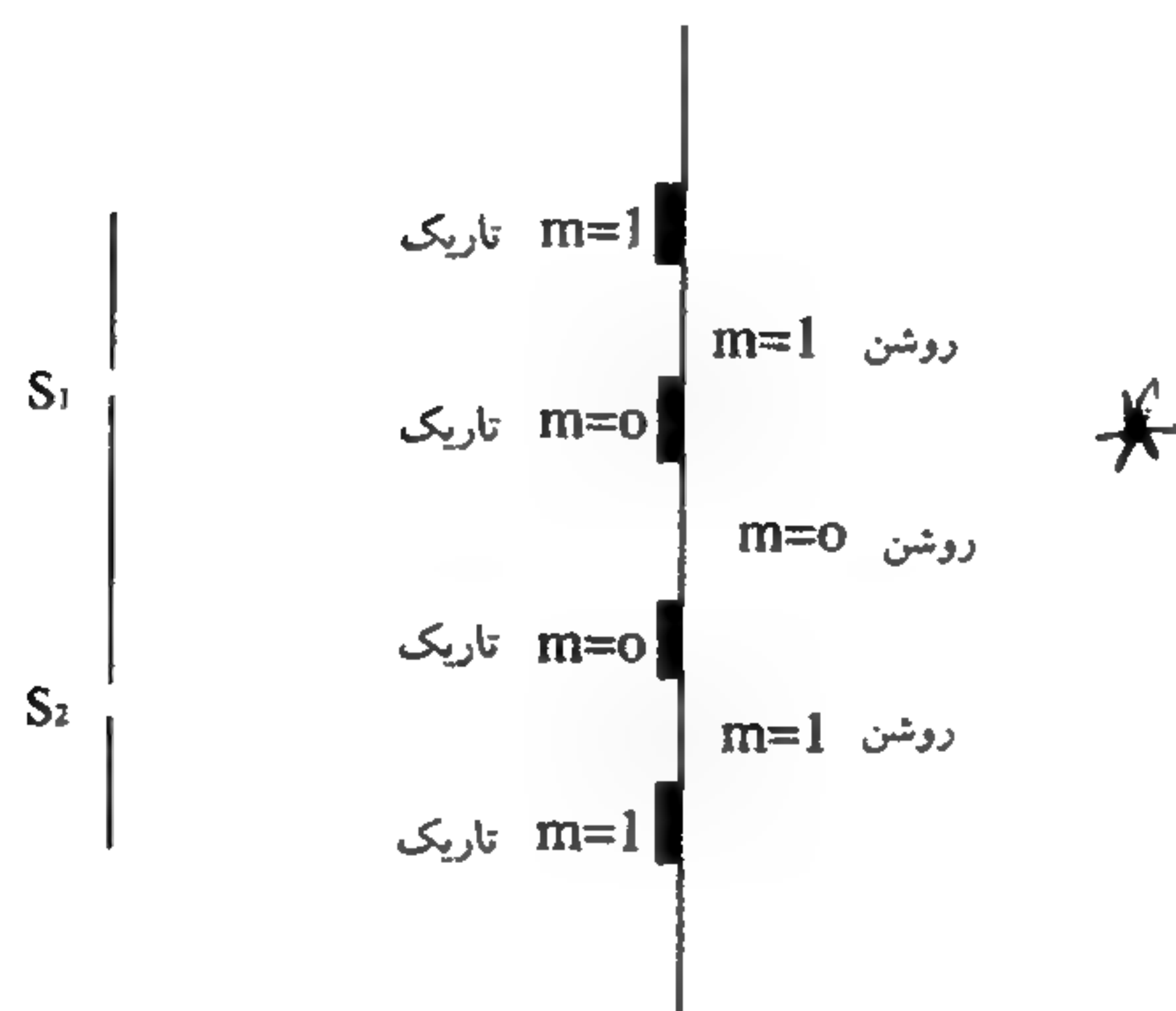
$$\text{اختلاف راه} = s_2 p - s_1 p = r_2 - r_1 \approx s_2 b = d \sin \theta \approx d \theta$$

با توجه به بزرگی r_1 و r_2 و D در مقایسه با d ، زوایای θ بسیار کوچک است ($\sin \theta \approx \theta$).

$$\begin{cases} \text{تداخل سازنده} & d \theta = m \lambda \\ \text{تداخل ویرانگر} & d \theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda \end{cases} \quad m = 0 \text{ و } 1 \text{ و } 2 \text{ و } 3 \text{ و } \dots$$

$$\begin{cases} \text{برای نور روشن } m & \theta_m = \frac{m\lambda}{d} \\ \text{برای نور تاریک } m & \theta_m = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{d} \end{cases}$$

مکان هندسی نقاطی که تداخل سازنده را داریم یک نور روشن و مکان هندسی نقاطی که تداخل ویرانگر را داریم یک نور تاریک است.



~~نور مرکزی روشن است چرا که در نور مرکزی $\theta = 0$ است و فقط در شرط نور روشن به ازای $m = 0$ داریم $\theta = 0$.~~

- برای دو نور روشن متوالی و یا دو نور تاریک متوالی داریم :

$$\Delta\theta = \frac{(m+1)\lambda}{d} - \frac{m\lambda}{d} = \frac{\lambda}{d}$$

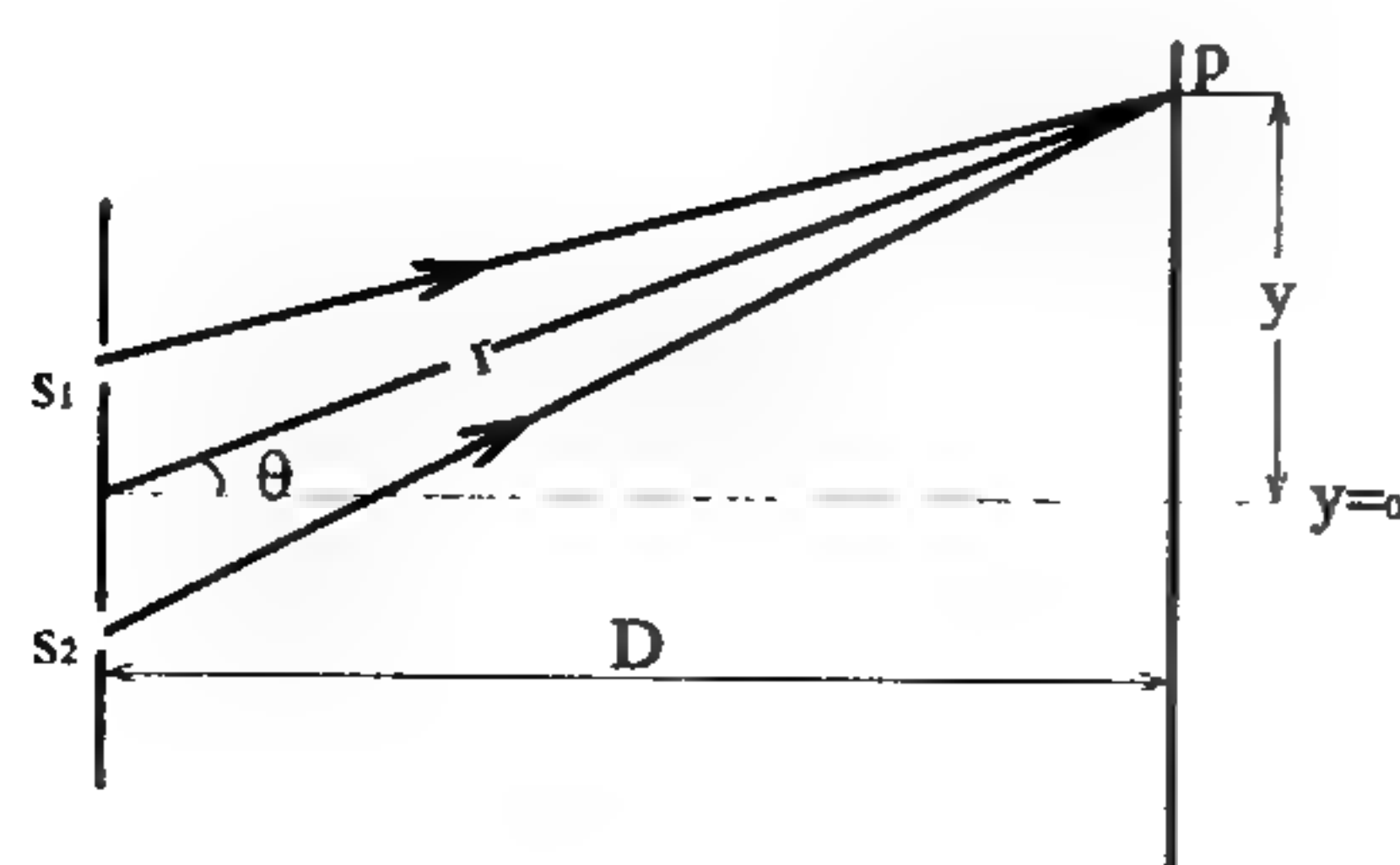
$$\Delta\theta = \frac{(m+1+\frac{1}{2})\lambda}{d} - \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda}{d} = \frac{\lambda}{d}$$

- برای دو نور روشن و تاریک متوالی داریم :

$$\Delta\theta = \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda}{d} - \frac{m\lambda}{d} = \frac{m\lambda}{2d}$$

$$\Delta\theta = \frac{m\lambda}{2d} \quad \text{-- برای عرض یک نور (روشن و یا تاریک)}$$

حال به بررسی فاصله خطی نوارها از نور مرکزی می پردازیم :



$$\sin \theta \approx \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{D}$$

$$\Rightarrow d \sin \theta \approx \frac{yd}{D}$$

$$\text{مکان نوار روشن } m \quad d \frac{y_m}{D} = m\lambda \Rightarrow y_m = \frac{m\lambda D}{d}$$

$$\text{مکان نوار تاریک } m \quad d \frac{y_m}{D} = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow y_m = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda D}{d}$$

– فاصله دو نوار روشن متوالی و یا دو نوار تاریک متوالی

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$$

– فاصله یک نوار روشن و تاریک متوالی (برابر با عرض یک نوار)

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{2d}$$

به بررسی چند حالت خاص می پردازیم.

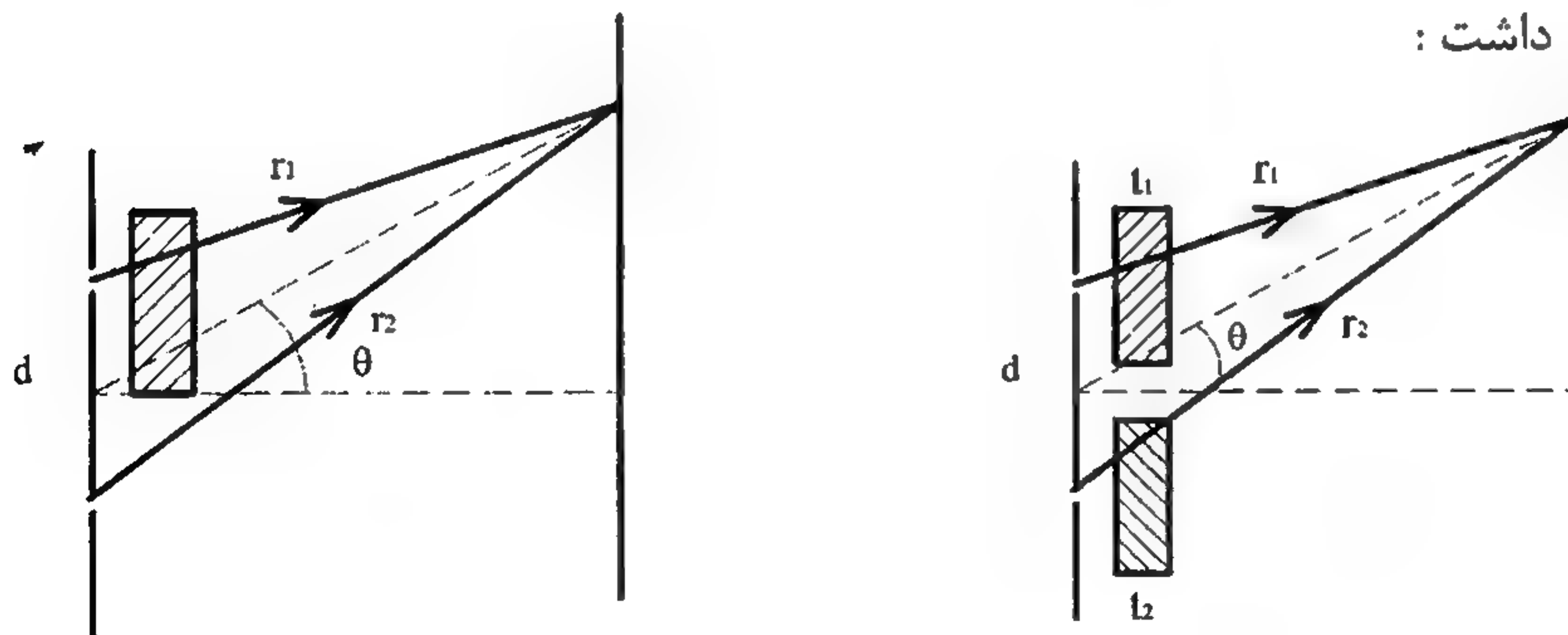
★ ۱- اگر کل آزمایش یانگ به جای انجام در هوا در محیطی با ضریب شکست n انجام گیرد چون $\lambda \rightarrow \frac{\lambda}{n}$ می شود فاصله تمام نوارها از نوار مرکزی کوچکتر شده و فاصله میان نوارها و عرض آنها نیز کمتر می شود.

★ ۲- اگر آزمایش یانگ را با تاباندن دو طول موج λ_1 و λ_2 انجام دهیم دو سری نوار روشن و تاریک داریم. به عنوان مثال فاصله میان نوار روشن m_1 مربوط به طول موج λ_1 و نوار روشن m_2 مربوط به طول موج λ_2 عبارت است از :

$$\Delta y = \frac{(m_1 \lambda_1 - m_2 \lambda_2) D}{d}$$

۳- در صورتی که در جلوی یکی از شکافها و یا هر دوی شکافها تیغه قرار دهیم باید به تغییر

اختلاف راه دقت داشت :



★ الف) در مقابل شکاف بالا تیغه ای به ضخامت t_1 و ضریب شکست n قرار داده ایم. بنابراین در حالی که نور در مسیر پایین مسافتی برابر t_1 را در هوا با ضریب شکست ۱ طی می کند نور در مسیر بالا مسافت t_1 را در محیطی با ضریب شکست n طی می کند.

$$\text{اختلاف راه} = \underbrace{(d \sin \theta + t) - t n}_{\text{اختلاف راه}} = \begin{cases} m \lambda & \text{سازنده} \\ (m + \frac{1}{4}) \lambda & \text{ویرانگر} \end{cases}$$

★ (ب) نور در مسیر بالا مسافت t_1 را در محیطی با ضریب شکست n_1 و نور در محیط پایین مسافت t_2 را در محیطی با ضریب شکست n_2 طی می‌کند.

$$\text{اختلاف راه} = \underbrace{(d \sin \theta + t_2 n_2) - t_1 n_1}_{\text{اختلاف راه}} = \begin{cases} m \lambda & \text{سازنده} \\ (m + \frac{1}{4}) \lambda & \text{ویرانگر} \end{cases}$$

۲-۴ همدوسی

نقطه p بر روی پرده را در نظر می‌گیریم اختلاف راه $r_2 - r_1$ است و در نتیجه اختلاف فاز دو موج تداخل‌کننده $k \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$ است. اگر این اختلاف فاز $2\pi n$ باشد این نقطه در نوار روشن و اگر $(2n + 1)\pi$ باشد در نوار تاریک است. در این حالت اختلاف فاز دو موج در نقطه p تنها به $r_2 - r_1$ بستگی داشته و به عبارتی برای هر نقطه p مقدار ثابتی است و در نتیجه نقش تداخلی ثابت است و نوارهای روشن و تاریک همیشه در مکانشان ثابت هستند و حال اگر دو چشمه s_1 و s_2 خود با هم اختلاف فاز ثابت ϕ را داشته باشند باز در هر نقطه p برای اختلاف فاز داریم $\phi + \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$ که اگر برابر $2\pi n$ باشد آن نقطه مکان نوار روشن را می‌دهد.

✎ اما اگر ϕ اختلاف فاز دو چشمه s_1 و s_2 ثابت نباشد در هر نقطه اختلاف فاز دو موج می‌تواند π ، 2π ، $\frac{\pi}{2}$ و ... باشد که دائماً در حال تغییر است به عبارتی نقش تداخلی دائماً در حال تغییر است و قابل مشاهده نیست. در آزمایش یانگ باید دو چشمه s_1 و s_2 همدوس باشند و برای همین به جای آنکه دو چشمه s_1 و s_2 را مستقل انتخاب کنیم آنها را از چشمه s گرفتیم.

در حالتی که اختلاف فاز مقدار ثابتی دارد دو باریکه خارج شده از s_1 و s_2 را همدوس می‌نامند ولی اگر این اختلاف فاز ثابت نباشد دو باریکه خارج شده از s_1 و s_2 را ناهمدوس می‌نامند. اگر E_1 و E_2 دامنه دو موج تداخل‌کننده باشد به هنگام تداخل در نقطه‌ای خاص داریم:

$$\left. \begin{aligned} \text{دو موج همدوس} \quad I &\propto E^2 \text{ شدت برآیند} \quad \bar{E} = \bar{E}_1 + \bar{E}_2 \\ \text{دو موج ناهمدوس} \quad I &= I_1 + I_2 \text{ شدت برآیند} \quad I_1 \propto E_1^2 \text{ و } I_2 \propto E_2^2 \end{aligned} \right\}$$

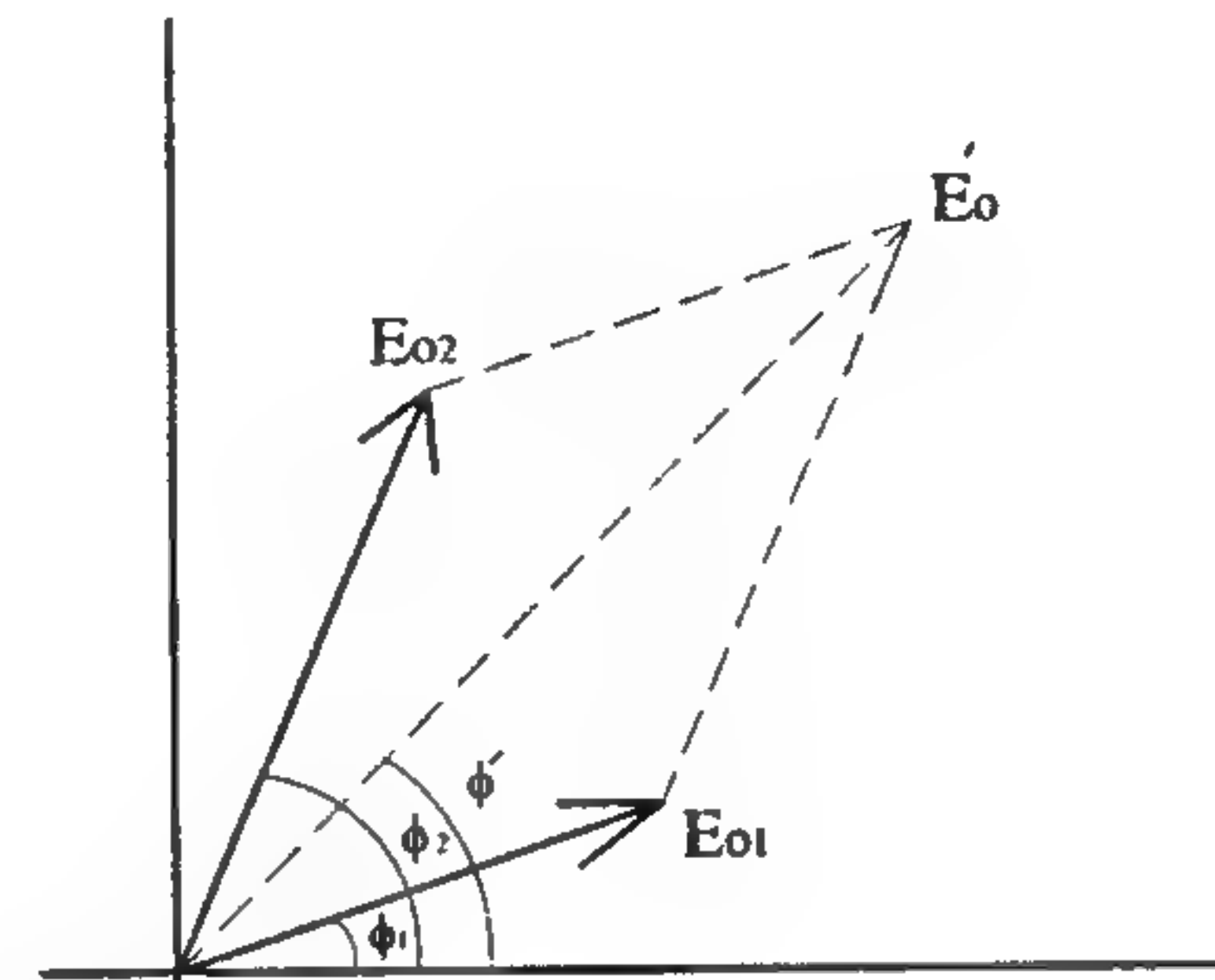
۳-۴ جمع اختلالات موجی

دو اختلال موجی متغیر با زمان با بسامد زاویه‌ای (ω) ولی با دامنه متفاوت که دارای اختلاف فاز هستند را در نظر می‌گیریم. برآیند این را در نقطه‌ای خاص که با هم تداخل می‌کنند به دست می‌آوریم:

$$E_1 = E_{o1} \sin(\omega t + \phi_1)$$

$$E_2 = E_{o2} \sin(\omega t + \phi_2)$$

با توجه به آنکه تغییرات ωt در هر دو بردار مشترک است زاویه بردارها را با محور افقی فقط با ϕ_1 و ϕ_2 نشان دادیم.



$$E_o' = \sqrt{E_{o1}^2 + E_{o2}^2 + 2E_{o1}E_{o2}\cos(\phi_2 - \phi_1)}$$

دامنه برآیند

$$\tan \phi' = \frac{E_{oy}}{E_{ox}} = \frac{E_{o1} \sin \phi_1 + E_{o2} \sin \phi_2}{E_{o1} \cos \phi_1 + E_{o2} \cos \phi_2}$$

با داشتن E_o و ϕ برای برآیند دو اختلال موجی داریم:

$$E = E_o' \sin(\omega t + \phi')$$

به عنوان مثال اگر $E_{o1} = E_{o2} = E_o$ و $\phi_1 = 0$ و $\phi_2 = \phi$ باشد داریم:

$$E_o' = \sqrt{2E_o^2 + 2E_o^2 \cos \phi} = E_o \sqrt{2(1 + \cos \phi)} = E_o \sqrt{2 \left[2 \cos^2 \frac{\phi}{2} \right]}$$

$$= 2E_o \cos \frac{\phi}{2}$$

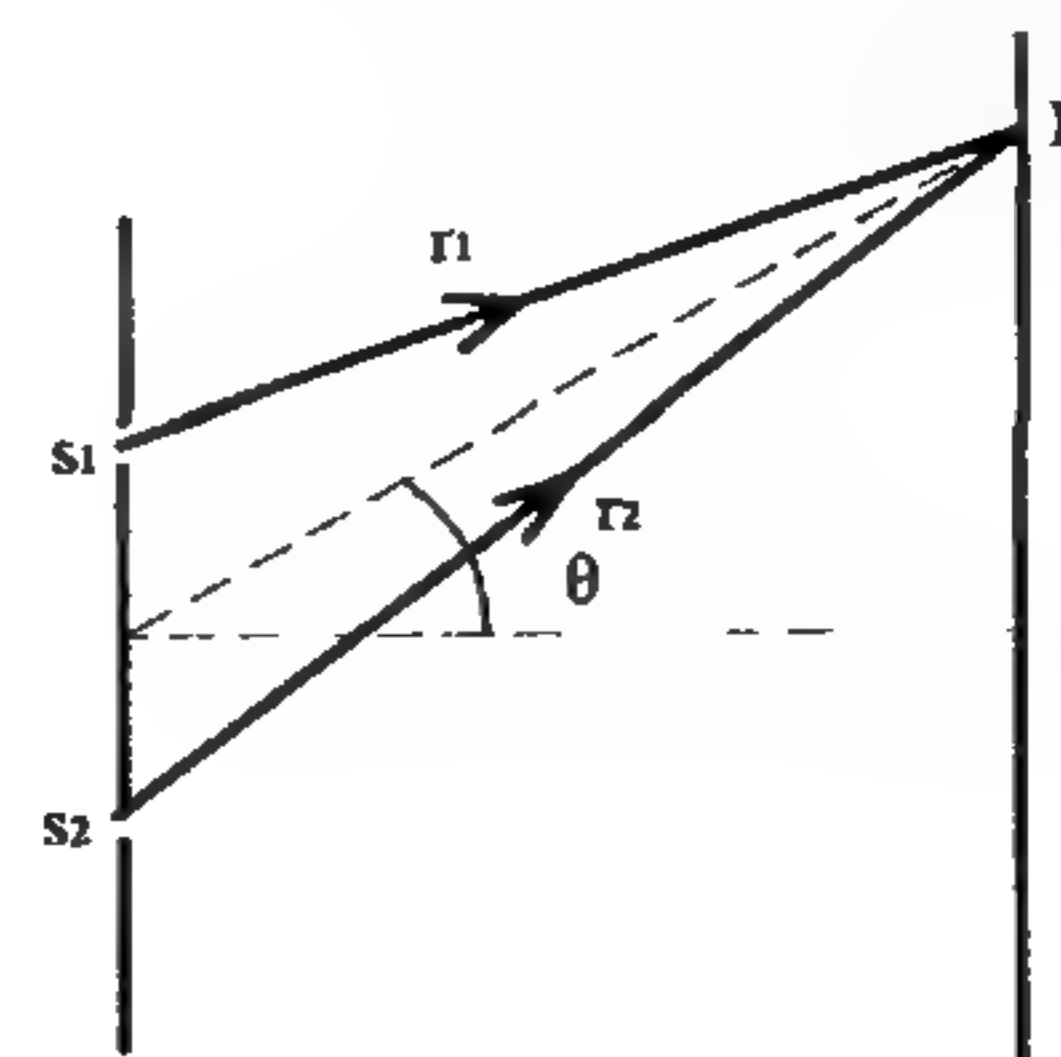
$$\tan \phi' = \frac{E_o(0) + E_o \sin \phi}{E_o(1) + E_o \cos \phi} = \frac{\sin \phi}{1 + \cos \phi} = \frac{\sin \phi}{2 \cos^2 \frac{\phi}{2}} = \frac{2 \sin \frac{\phi}{2} \cos \frac{\phi}{2}}{2 \cos^2 \frac{\phi}{2}}$$

$$= \tan \frac{\phi}{2} \Rightarrow \phi' = \frac{\phi}{2}$$

۴-۴ بررسی شدت در آزمایش یانگ

اختلال موجی بر آینه ناشی از دو موج در نقطه p را به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} E_1 = E_o \sin \omega t \\ E_2 = E_o \sin(\omega t + \phi) \end{cases}$$



$$E = E_{\theta} \sin(\omega t + \beta) \quad \boxed{E_{\theta} = 2 E_0 \cos \beta} \quad \beta = \frac{\phi}{2} \quad \Rightarrow \quad E_{\theta} = 2 E_0 \cos \frac{\phi}{2}$$

البته می‌دانیم که چون نور در مسیر r_2 مسافت بیشتری نسبت به r_1 طی می‌کند دامنه موج آمده از s_2 نسبت به دامنه موج آمده از مسیر r_1 کمتر است ولی به صورت تقریبی هر دو را برابر و با E_0 نشان داده‌ایم:

شدت هر یک از دو موج و $I_{\theta} \propto E_{\theta}^2$ شدت موج برآیند $I_0 \propto E_0^2$

$$\left[\frac{I_{\theta}}{I_0} = \left(\frac{E_{\theta}}{E_0} \right)^2 \right] = 4 \cos^2 \beta \Rightarrow I_{\theta} = 4 I_0 \cos^2 \beta$$

$$\text{اختلاف فاز} = k(\text{اختلاف راه}) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

$$\beta = \frac{\phi}{2} = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}$$

در نقاط با شدت ماکزیمم (وسط نوارهای روشن) $\cos^2 \beta = 1 \Rightarrow I_{\theta} = 4 I_0$

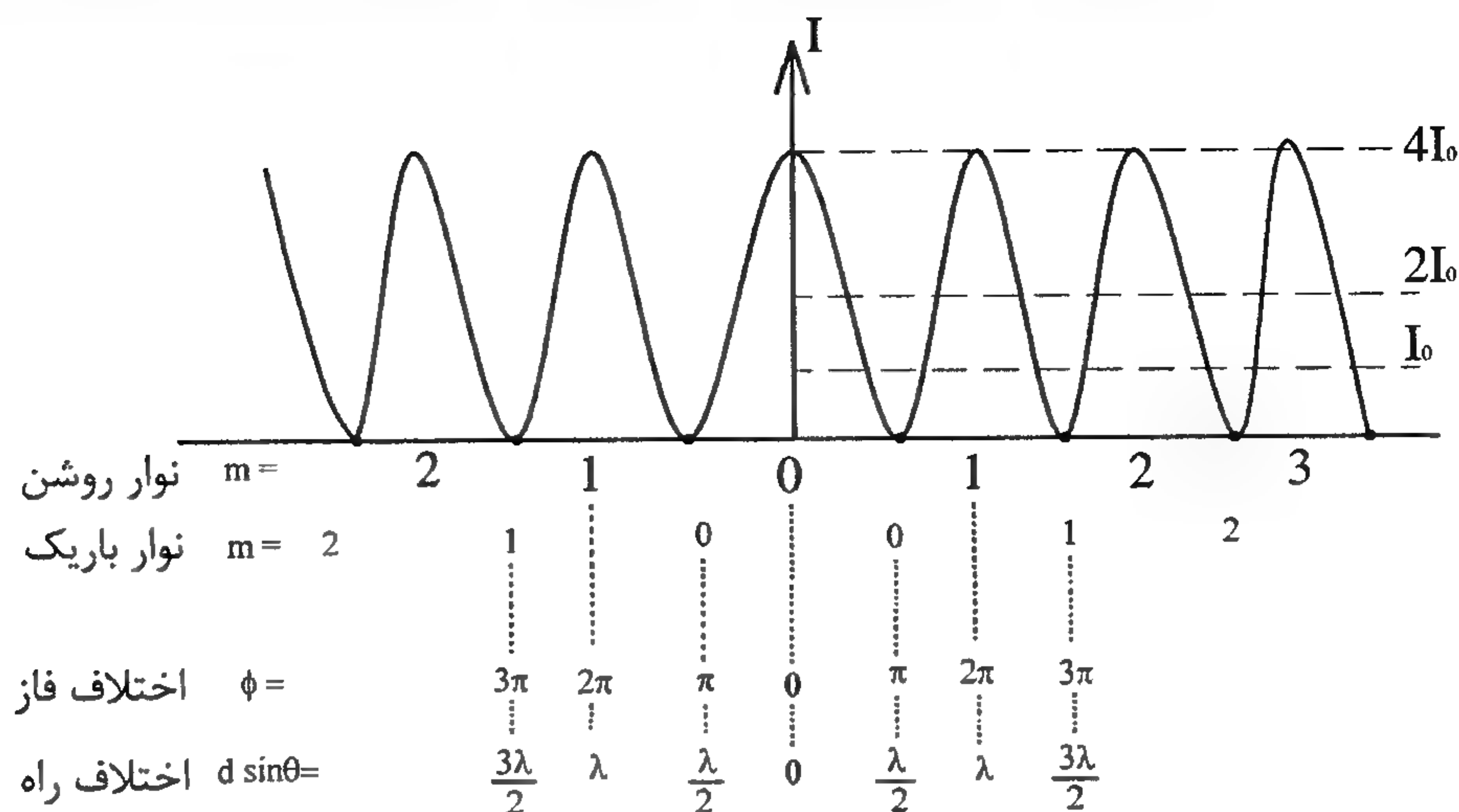
$$\begin{cases} d \sin \theta = m \lambda \\ \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta = \frac{2\pi}{\lambda} m \lambda \Rightarrow \text{اختلاف فاز} = \phi - 0 = \phi = 2 m \pi \\ \beta = \frac{\phi}{2} = m \pi \end{cases}$$

در نقاط با شدت حداقل (وسط نوارهای تاریک) $\cos^2 \beta = 0 \Rightarrow I_{\theta} = 0$

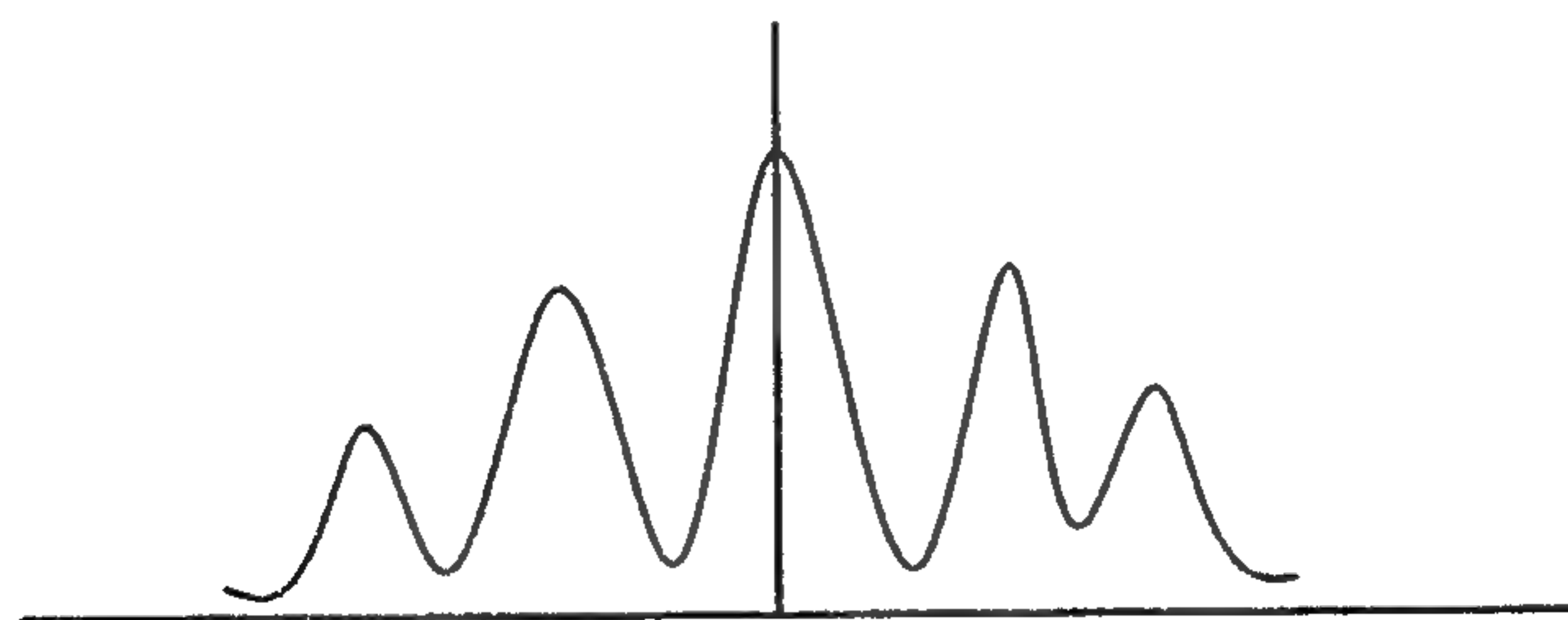
$$\begin{cases} d \sin \theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda \\ \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta = \frac{2\pi}{\lambda} (m + \frac{1}{2}) \lambda \Rightarrow \phi - 0 = \phi = (2m + 1) \pi \\ \beta = \frac{\phi}{2} = (2m + 1) \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

در زیر نقش شدت برای تداخل با دو شکاف داریم. شدت در وسط نوارهای ماکزیمم $4 I_0$ و در وسط نور تاریک صفر است. اگر هر یک از دو موج را به تنهایی داشتیم شدت در تمام نقاط I_0 بود. اگر در چشمه s_1 و s_2 ناهمدوس باشند نقش تداخلی دائماً در حال جابه‌جایی بوده و همه جا شدت $2 I_0$ را

داریم.



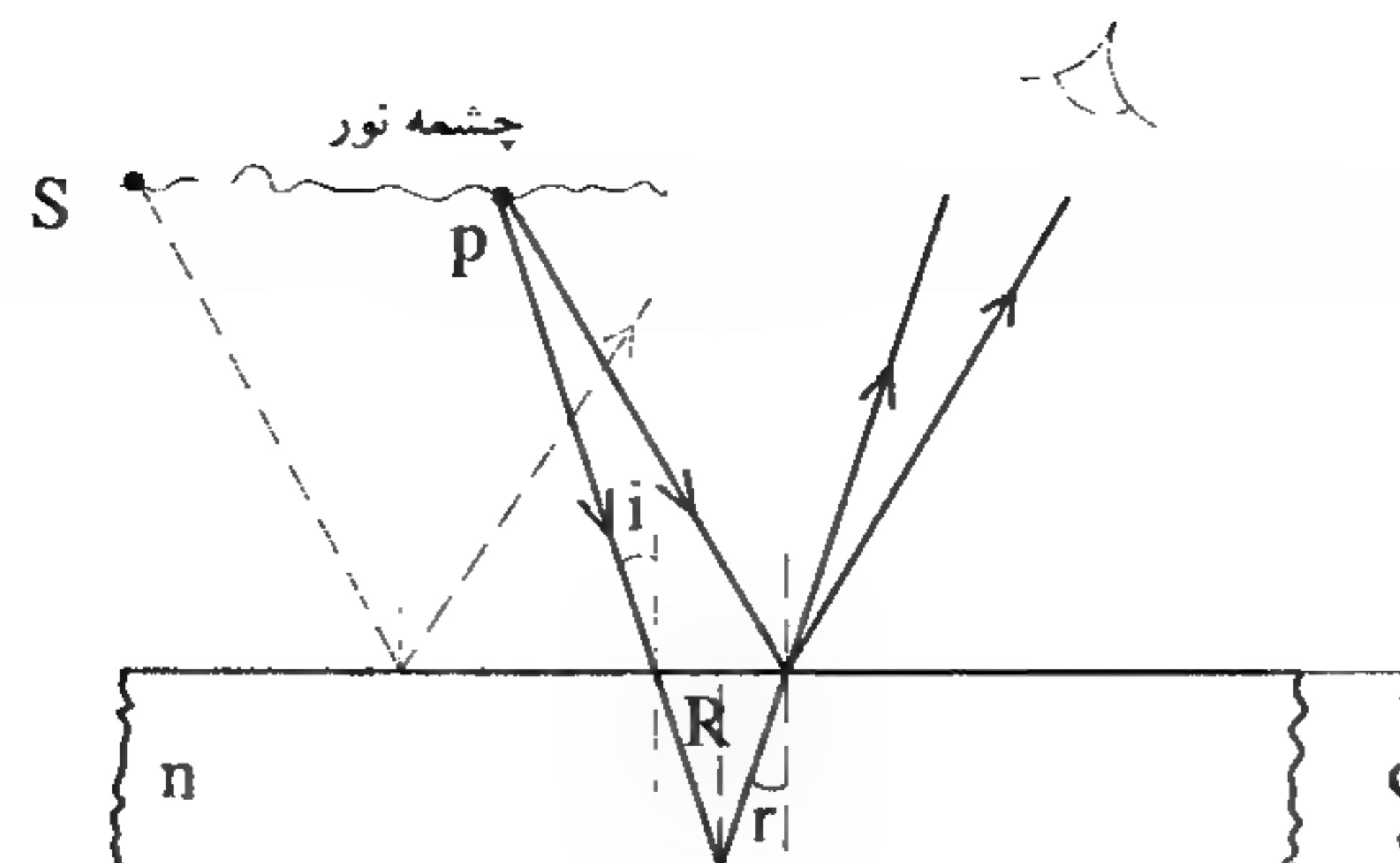
نکته : منحنی بالا یک منفی ایده‌آل است چرا که شدت در نوارهای تاریک صفر نیست به علت آنکه در نوارهای تاریک چون همواره r_1 و r_2 با هم متفاوتند (تنها در نور مرکزی که روشن است $r_1 = r_2$) یکی از دامنه‌ها از دیگری کوچکتر است، چون در امواج کروی دامنه با $\frac{1}{r}$ متناسب است. بنابراین دامنه در هر دو موج در نقطه p ، برابر E نیست و در نتیجه در مرکز نوارهای تاریک اگر چه دو موج اختلاف فاز π ، 3π و 5π و ... دارند ولی برآیند آنها صفر نیست. شکل واقعی نقش تداخلی به صورت زیر است.



در نوارهای روشن، غیر از نوارهای مرکزی نیز، دامنه امواج هر چه از چشمه‌ها دورتر می‌شویم از E کمتر می‌شود و در نتیجه شدت از $4I$ کمتر خواهد شد.

۴-۵ تداخل از فیلمهای نازک

یک فیلم نازک، یک لایه به ضخامت بسیار کوچک و با ضریب شکست n است که میان دو محیط با ضریب شکست متفاوت با n قرار گرفته است.



هنگامی که به فیلم نگاه می‌کنیم پرتوهایی که به جسم می‌رسد دو سری هستند. پرتوهایی که از سطح اول بازتاب پیدا می‌کنند و پرتوهایی که پس از شکست، در داخل فیلم و از سطح دوم بازتاب پیدا می‌کنند. اختلاف راه این پرتوها برابر است با:

$$\text{اختلاف راه} = R + R = 2R = 2 \frac{d}{\cos r} \approx 2d$$

به علت کوچکی زوایا $\cos r \approx 1$ بنابراین اختلاف راه برابر $2d$ است.

نکته مهم: تغییر فاز

۱- هنگامی که نور از محیطی وارد محیط دیگر می‌شود اختلاف فازی پیدا نمی‌کند. مانند هنگامی که موج از طناب نازک وارد طناب ضخیم می‌شود و یا بالعکس.

۲- هنگامی که نور از محیط با ضریب شکست بیشتر به سطح مشترک با محیط دیگر با ضریب شکست کمتر برخورد می‌کند نور بازتاب اختلاف فاز پیدا نمی‌کند. مانند موجی که در طناب ضخیم به طناب نازک برخورد می‌کند.

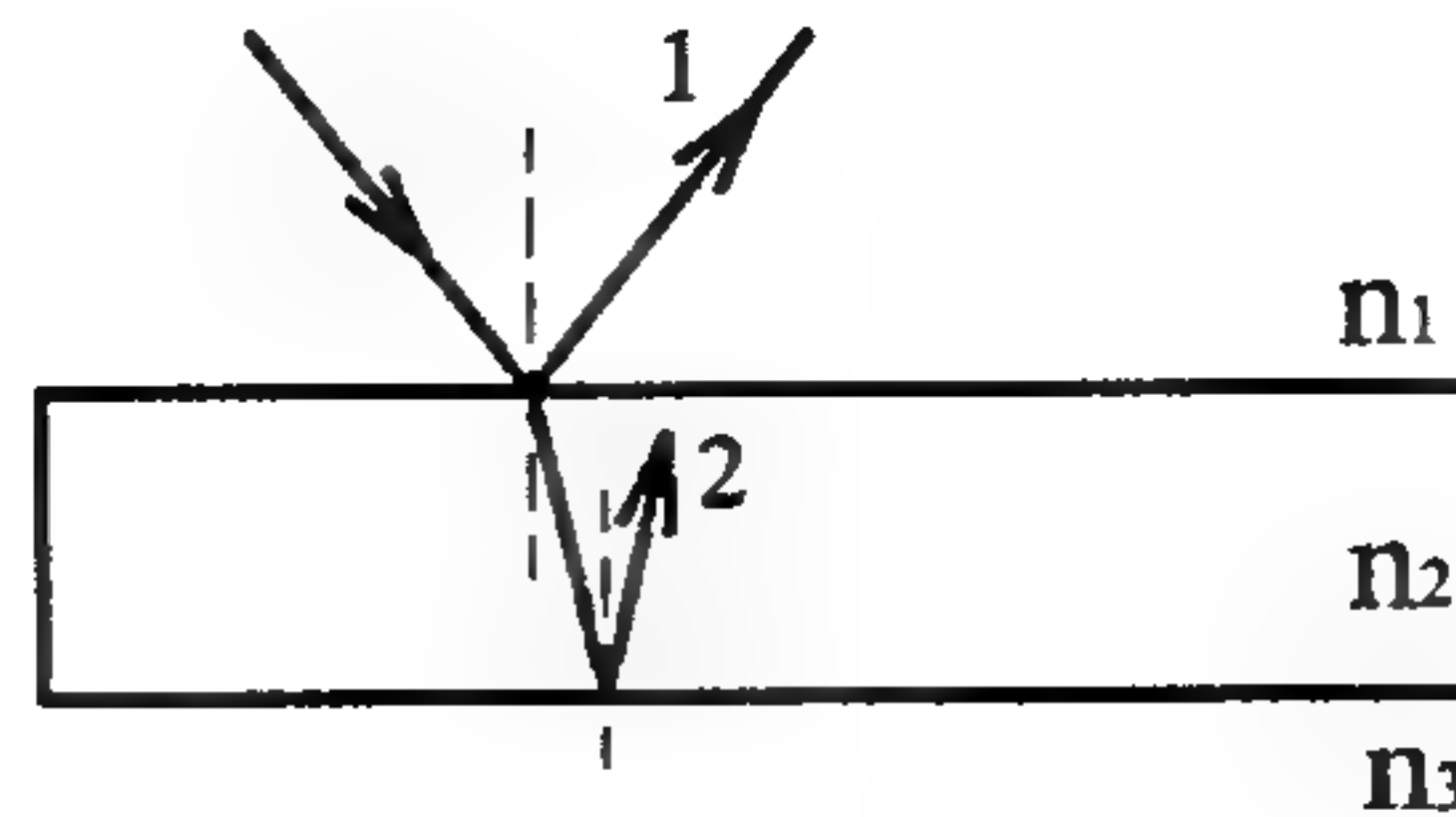
۳- هنگامی که نور به سطح مشترک با محیطی با ضریب شکست بیشتر برخورد کند **موج بازتاب** 180° اختلاف فاز پیدا می‌کند. مانند موجی که در طناب نازک به طناب ضخیم برخورد می‌کند.



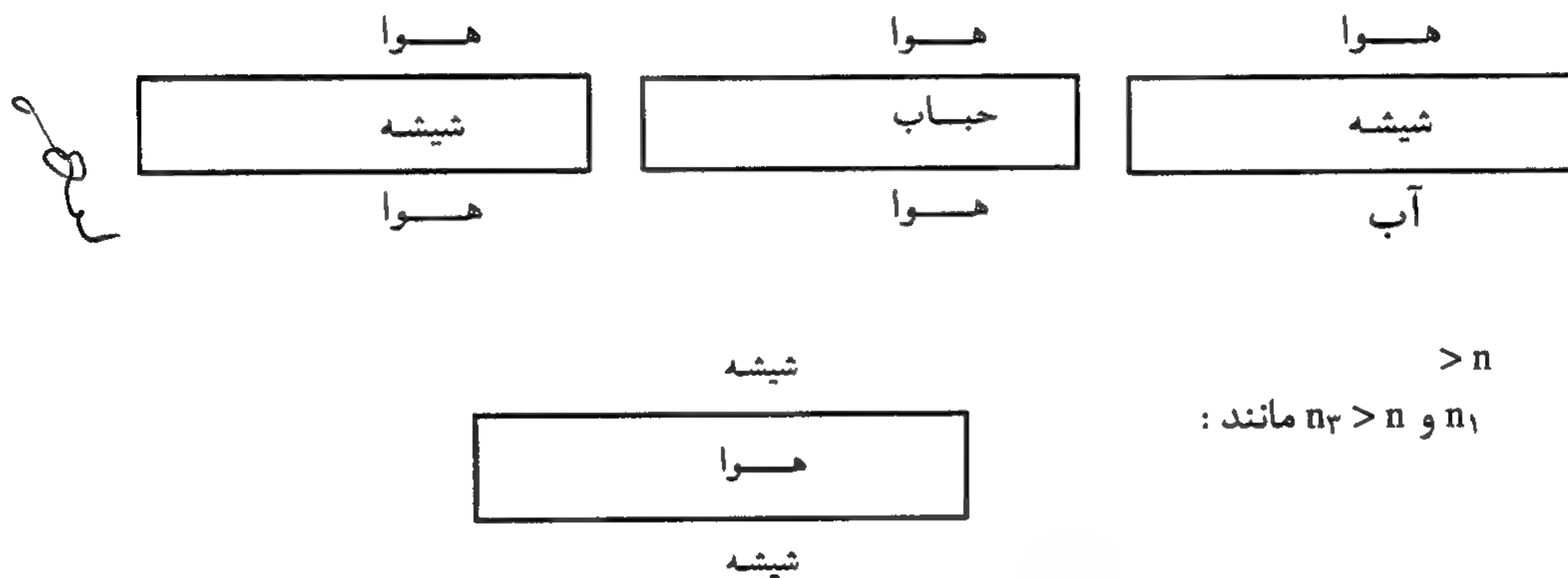
شرط تداخل سازنده و ویرانگر شرط تداخل سازنده و ویرانگر

با توجه به آنچه در مورد تغییر فاز نور بازتاب در بالا گفته شد دو حالت داریم:

(الف)



در این حالت بازتاب (۱) از محیط با ضریب شکست بیشتر منعکس شده و به اندازه π اختلاف فاز پیدا می‌کند در حالی که بازتاب (۲) از محیط با n_2 کمتر ($n_2 < n$) منعکس شده و اختلاف فاز پیدا نمی‌کند مثل : یک فیلم نازک از شیشه در هوا، یک لایه حباب در هوا، یک لایه شیشه بین هوا و آب.



در این حالت بازتاب (۱) از محیطی با ضریب شکست کمتر منعکس می‌شود و اختلاف فازی پیدا نمی‌کند. اما بازتاب (۲) از محیطی با ضریب شکست بیشتر بازتاب پیدا می‌کند و 180° اختلاف فاز پیدا می‌کند.

بنابراین در این حالات (در لایه با ضریب شکست n داریم : $\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$)

$$\begin{aligned} 2d = (m + \frac{1}{2})\lambda_n &\Rightarrow \begin{cases} 2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda & \text{سازنده} \\ 2nd = m\lambda & \text{ویرانگر} \end{cases} \\ 2d = m\lambda_n & \end{aligned}$$

توجه داشته باشید که هنوز هم شرط تداخل سازنده تغییر نکرده است :

شرط تداخل سازنده : $2m\pi - \pi = k$ (اختلاف راه) = اختلاف فاز

$$\Rightarrow k = (2m + 1)\pi$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda_n} 2d = \frac{2\pi}{\lambda} 2nd = (2m + 1)\pi$$

$$\Rightarrow 2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

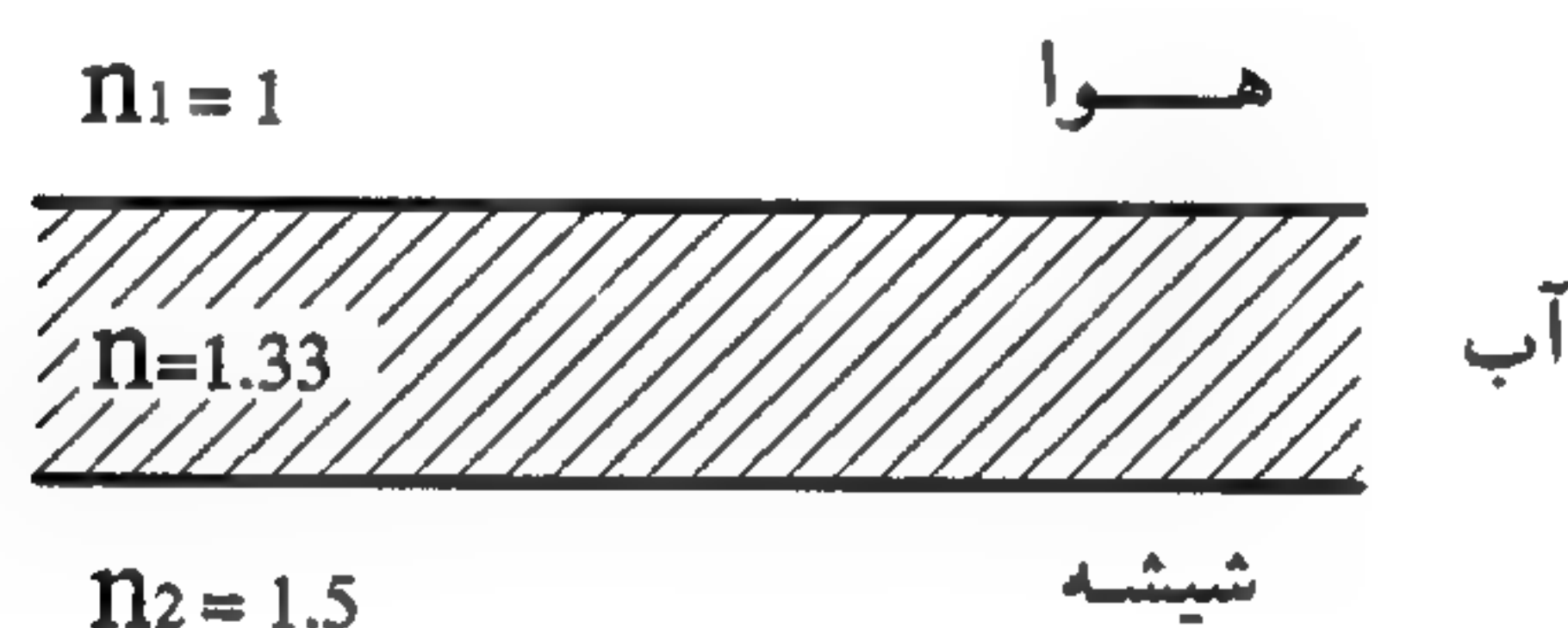
(بنابراین مشاهده می‌کنیم که وجود اختلاف فاز π سبب جابه‌جایی ظاهری شروط سازنده و ویرانگر شده است).

★ (ب)

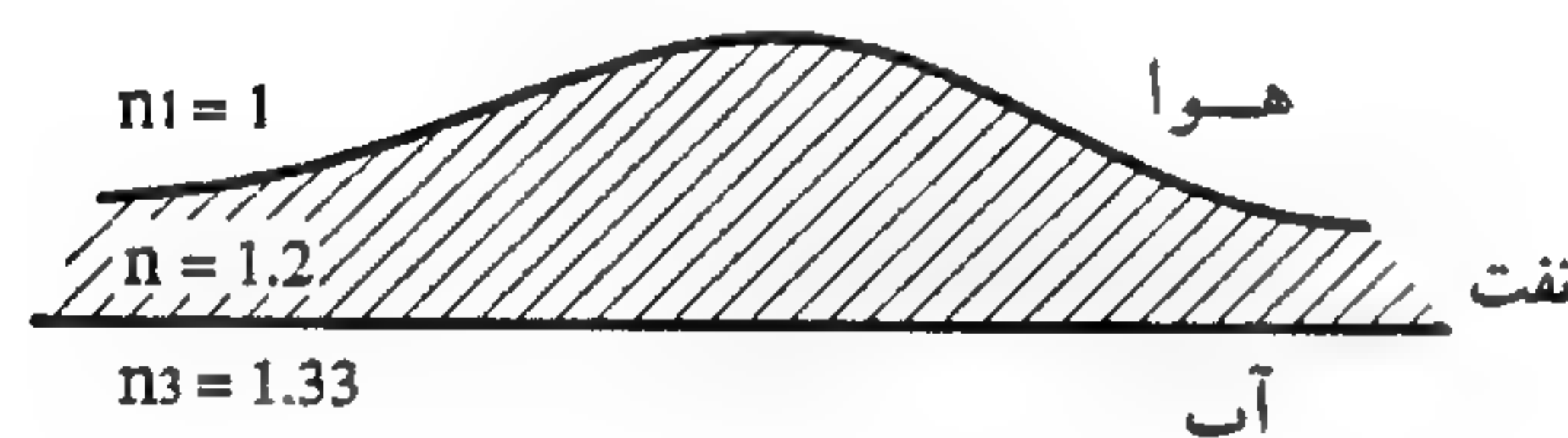
در این حالت هم بازتاب (۱) و هم بازتاب (۲) از محیط با ضریب شکست بیشتر روی داده‌اند بنابراین هر دو به اندازه π تغییر فاز پیدا کرده‌اند و در نتیجه نسبت به یکدیگر اختلاف فاز جدیدی پیدا نکرده‌اند.

در این حالت هر دو بازتاب (۱) و (۲) از محیط با ضریب شکست کمتر روی داده‌اند و بنابراین هر دو تغییر فازی نداشتند بنابراین اختلاف فاز آنها تنها ناشی از اختلاف راه $2d$ است :

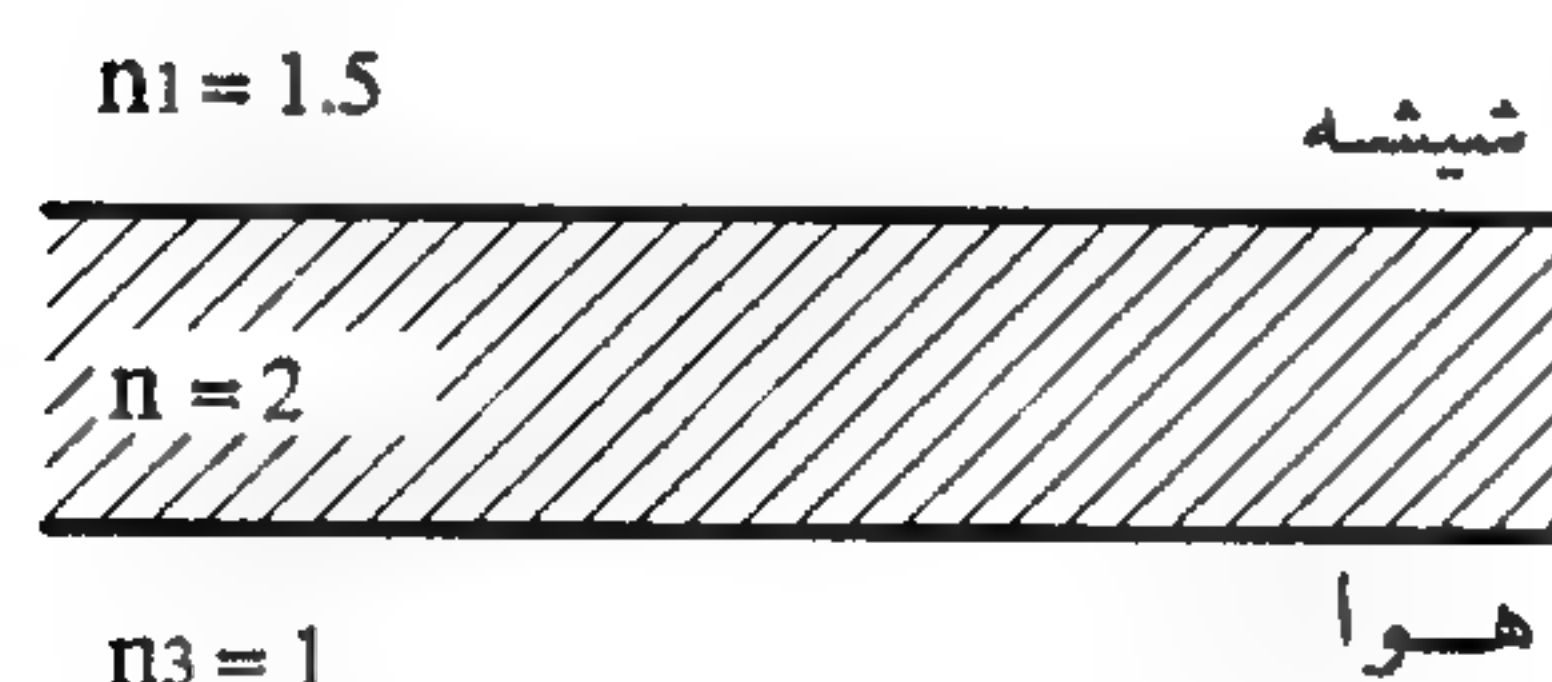
$$\left\{ \begin{array}{ll} 2nd = m\lambda & \text{تداخل سازنده} \\ 2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda & \text{تداخل ویرانگر} \end{array} \right.$$



به عنوان مثال :
لایه آب میان شیشه و هوا



لایه نفت میان آب و هوا



فیلم نازکی به ضریب شکست $n = 2$
میان شیشه و هوا

به چند مثال توجه کنید.

مثال ۱) نور سفید به طور عمود به سطح نازکی به ضخامت $4/0 \times 10^{-5}$ Cm می‌تابد. ضریب شکست فیلم $1/5$ است. شدت چه طول موجی در طیف مرئی در اثر بازتابش از این سطح بیشتر می‌شود ؟

پاسخ) این فیلم در هوا قرار دارد بنابراین برای شرط تداخل سازنده داریم :

$$2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 2(1/5)(4 \times 10^{-5} \text{ Cm}) = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$m = 0 \Rightarrow \lambda = 24 \times 10^{-5} \text{ Cm} = 2400 \text{ nm}$$

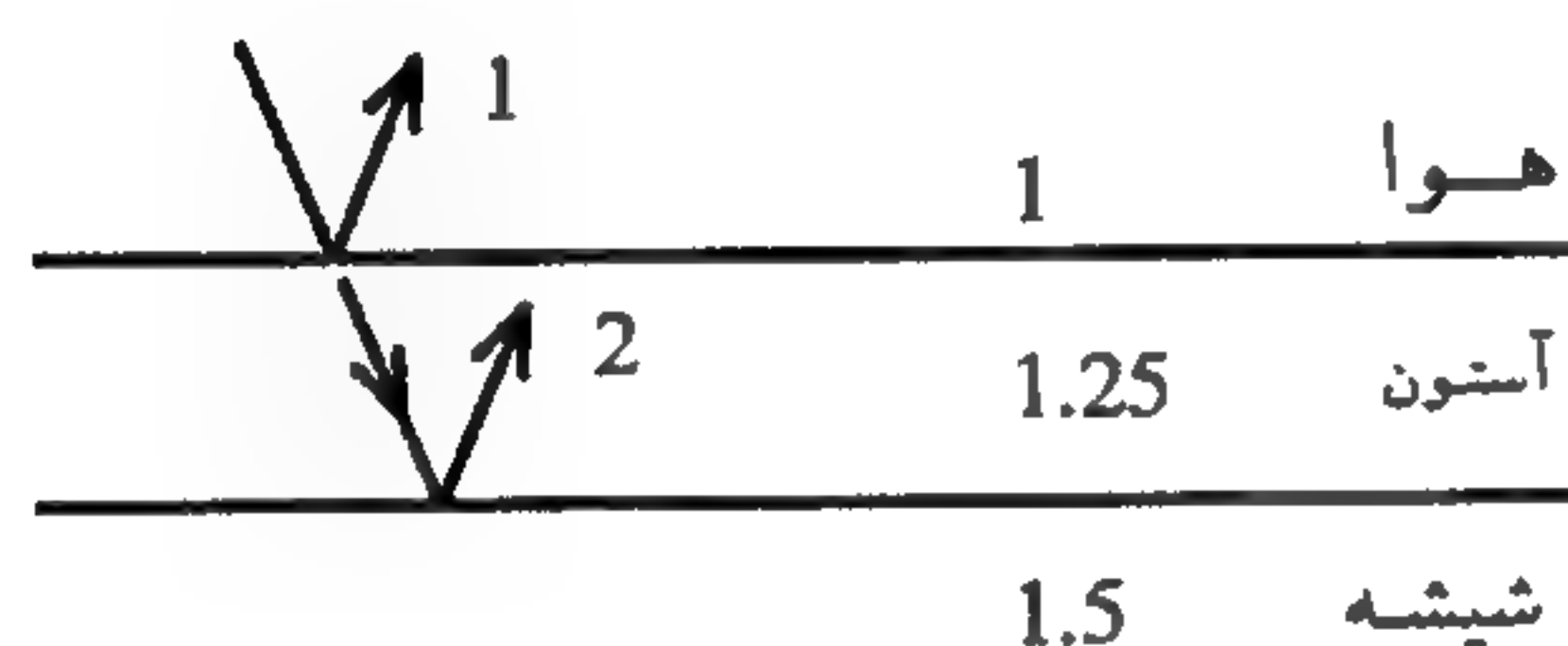
$$m = 1 \Rightarrow \lambda = 800 \text{ nm}$$

$$m = 2 \Rightarrow \lambda = 480 \text{ nm}$$

$$m = 3 \Rightarrow \lambda = 342 \text{ nm}$$

بنابراین طول موج مربوط به نوار $m = 2$ در ناحیه مرئی $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ قرار دارد که نزدیک به نور آبی است.

مثال (۲) یک فیلم نازک آستون ($n = 1/25$) روی یک صفحه شیشه‌ای ضخیم ($n = 1/5$) را پوشانده است. امواج نوری تخت با طول موجهای گوناگون به طور عمود به سطح فیلم می‌تابند. با نگاه کردن به امواج بازتابیده معلوم می‌شود که تداخل کاملاً ویرانگر در 600 nm و تداخل کاملاً سازنده در 700 nm اتفاق می‌افتد. ضخامت فیلم آستون را حساب کنید.



پاسخ) هر دو بازتاب از محیطی با ضریب شکست بیشتر روی می‌دهد. بنابراین برای شرط تداخل سازنده و ویرانگر داریم:

m شماره نوارهای مربوط به تداخل سازنده و m' مربوط به تداخل‌های ویرانگر است.

$$2nd = m\lambda \Rightarrow 2(1/25)d = m(700 \text{ nm})$$

$$2nd = (m' + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 2(1/25)d = (m' + \frac{1}{2})(600 \text{ nm})$$

$$\Rightarrow 700m = 600m' + 300 \Rightarrow m' = m = 3$$

بنابراین نوار روشن $m = 3$ و تاریک $m' = 3$ مشاهده شده‌اند.

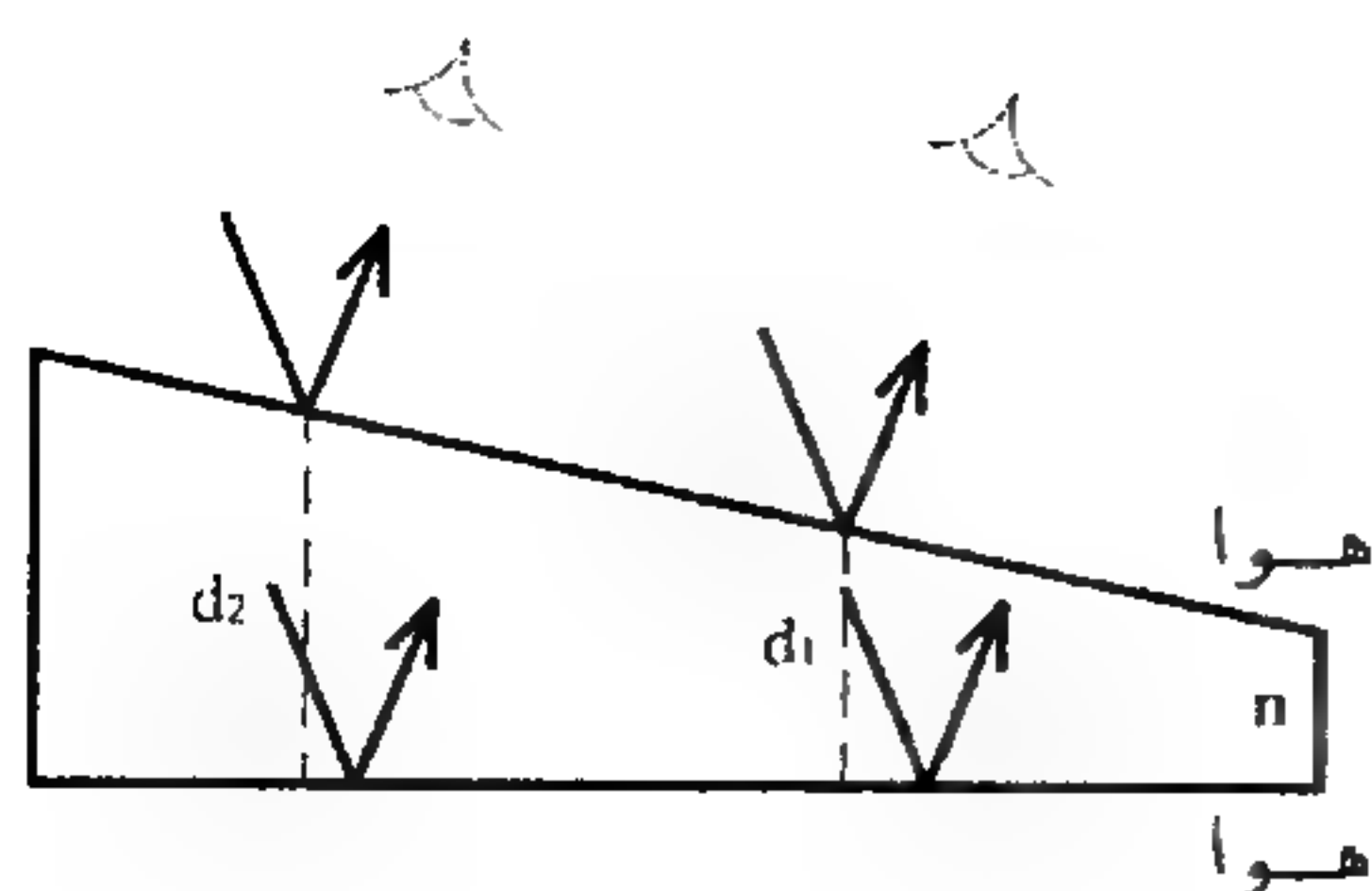
$$2(1/25)d = 3(700 \text{ nm}) \Rightarrow d = 840 \text{ nm}$$

۴-۶ فریزهای ضخامت ثابت

اگر ضخامت فیلم یکنواخت نباشد در قسمتهایی از آن تداخل سازنده و در قسمتهای دیگر تداخل ویرانگر صورت می‌گیرد. خطوطی مربوط به شدتهای ماکزیمم و شدت مینیمم به وجود می‌آیند. این خطوط همان فریزهای تداخلی هستند که به آنها فریزهای ضخامت ثابت می‌گوییم.

یک فیلم با ضخامت متغیر را در نظر می‌گیریم (مانند حباب آب صابون و یا لایه‌های روغن) اگر فیلم را به جای نور تکفام با نور سفید روشن کنیم، رنگهای درخشانی را مشاهده می‌کنیم:

هنگامی که به قسمتی که ضخامت آن d_1 است نگاه می‌کنیم نور مربوط به طول موج مرئی λ_N را مشاهده می‌کنیم (مربوط به $m = N$).



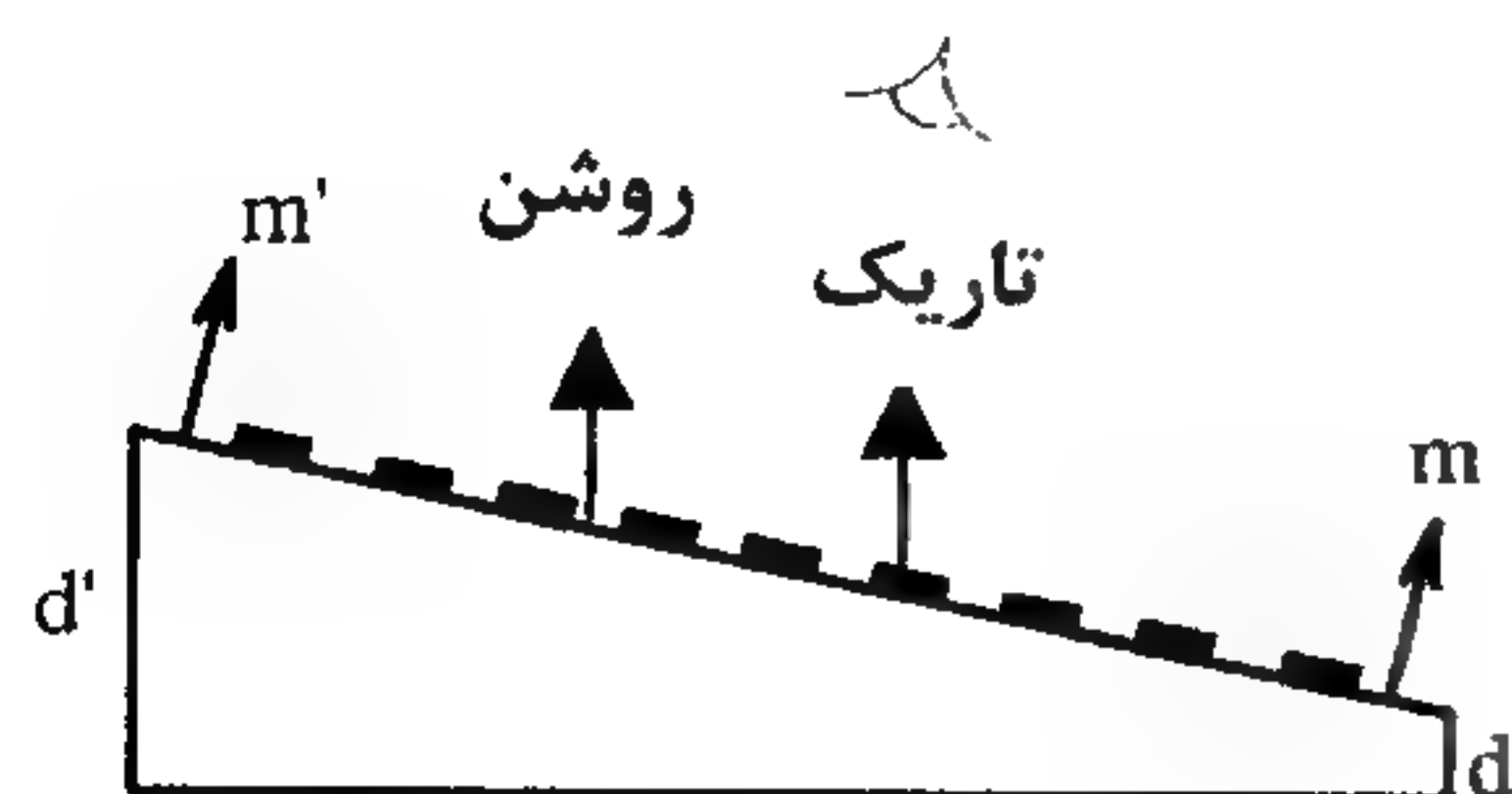
$$2nd_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \begin{cases} m = 1 \\ m = 2 \\ \vdots \\ m = N \Rightarrow \lambda_N \text{ مرئی} \end{cases}$$

و اگر به قسمتی که ضخامت آن d_2 است نگاه کنیم رنگ مربوط به طول موجی مرئی $\lambda_{N'}$ را مشاهده می‌کنیم (مربوط به $m = N'$).

$$2nd_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \begin{cases} m = 1 \\ m = 2 \\ \vdots \\ m = N' \Rightarrow \lambda_{N'} \text{ مرئی} \end{cases}$$

بنابراین با نگاه به نقاط مختلف فیلم، رنگهای مختلف را مشاهده می‌کنیم.
نکته: اگر بر یک فیلم با ضخامت ثابت یک نور تکفام بتابانیم، برای تداخل سازنده در آن طول موج تنها یک فریز با m مشخص داریم چرا که $2nd$ و λ ثابت هستند بنابراین یک m به دست می‌آید که این را در مثال قبلی (مثال ۲) مشاهده کردیم.
اما اگر ضخامت فیلم متغیر باشد می‌توان فریزهای گوناگونی با m های مختلف مربوط به طول موج تابیده به فیلم به دست آورد.

مثال: نوری با طول موج 630 nm به طور عمود به یک فیلم نازک گوه‌ای شکل به ضریب شکست $1/5$ می‌تابد. در طول فیلم 10 فریز روشن و 9 فریز تاریک تولید می‌شود. تغییر ضخامت فیلم از ابتدا تا انتها چقدر است؟
پاسخ: m شماره فریز مشاهده شده در ضخامت d و m' شماره فریز مشاهده شده در ضخامت d' است.



$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{(فریزهای روشن) شرط تداخل سازنده}$$

$$\begin{cases} 2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \\ 2nd' = \left(m' + \frac{1}{2}\right)\lambda \end{cases} \Rightarrow 2n(d' - d) = (m' - m)\lambda$$

۱۰ نوار روشن و ۹ نوار تاریک در میان آنها مشاهده می شود (اگر نوار روشن اول $m = 1$ باشد

$$m' - m = 9$$

نوار دهم $m' = 10$ است).

$$\Rightarrow d' - d = \frac{9\lambda}{2n} = \frac{9(630 \text{ nm})}{2(1/5)} = 1890 \text{ nm} \approx 1/9 \times 10^{-6} \text{ m}$$

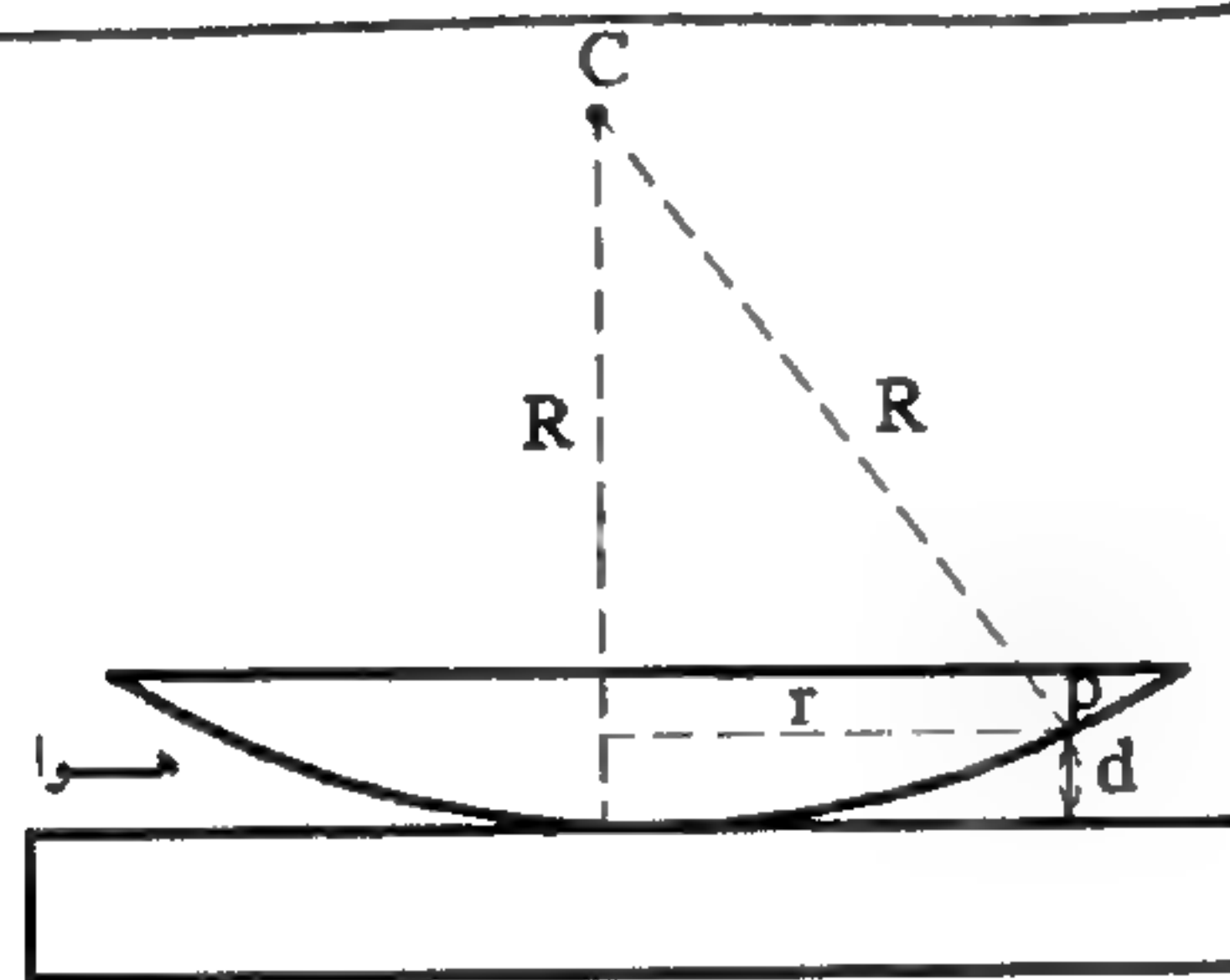
۴-۷ حلقه های نیوتون

یک عدسی تخت محدب با شعاع انحنای R را بر روی یک تیغه شیشه ای کاملاً تخت قرار می دهیم و از بالا با نوری به طول موج λ به آن می تابانیم. فیلم هوای میان تیغه و عدسی سبب ایجاد فریزهایی حلقوی می شود.

به نقطه p که به فاصله r مرکز عدسی قرار دارد نگاه

می کنیم.

$$2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad \text{شرط تداخل سازنده}$$



$$d = (R - \sqrt{R^2 - r^2}), \quad r \ll R$$

$$n = 1 \Rightarrow 2(1)d = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 2(R - \sqrt{R^2 - r^2}) = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$2R(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}) = (m + \frac{1}{2})\lambda, \quad \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}} \approx (1)^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(1)^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{-r^2}{R^2}\right) + \dots$$

$$2R\left(1 - \left(1 - \frac{r^2}{2R^2}\right)\right) = \frac{r^2}{R} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

شعاع انحنای عدسی

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} r = \sqrt{(m + \frac{1}{2})\lambda R} \quad \text{و} \quad m = 0 \text{ و } 1 \text{ و } 2 \text{ و } 3 \text{ و } \dots \\ r = \text{فاصله نوارهای حلقوی روشن تا مرکز} \end{array} \right.$$

با توجه به آنکه شرط تداخل ویرانگر $2nd = m\lambda$ است. برای نوارهای حلقوی تاریک داریم:

$$r = \sqrt{m\lambda R} \quad \text{و} \quad m = 0 \text{ و } 1 \text{ و } 2 \text{ و } \dots$$

توجه: *

در مرکز $r = 0$ است و به ازای $m = 0$ شرط تداخل ویرانگر برقرار است بنابراین مرکز حلقه ها

تاریک است.

نکته :

فاصله میان دو حلقه روشن متوالی m و $m + 1$ عبارت است از :

$$r_{m+1} - r_m = \sqrt{(m+1 + \frac{1}{\gamma})\lambda R} - \sqrt{(m + \frac{1}{\gamma})\lambda R} = \sqrt{\lambda R m} \left[\left(1 + \frac{\gamma}{\gamma m}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \left(1 + \frac{1}{\gamma m}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]$$

برای m های بالا

$$\Delta r = \sqrt{\lambda R m} \left[\left(1^{\frac{1}{\gamma}} + \frac{1}{\gamma} (1)^{-\frac{1}{\gamma}} \left(\frac{\gamma}{\gamma m}\right) + \dots \right) - \left(1^{\frac{1}{\gamma}} + \frac{1}{\gamma} (1)^{-\frac{1}{\gamma}} \left(\frac{1}{\gamma m}\right) + \dots \right) \right]$$

$$= \frac{1}{\gamma m} \sqrt{\lambda R m} = \frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{\lambda R}{m}}$$

بنابراین هر چه از مرکز دور شویم فاصله میان دو حلقه روشن متوالی کاهش می‌یابد.

فاصله میان دو حلقه تاریک متوالی نیز همانند بالا به دست می‌آید.

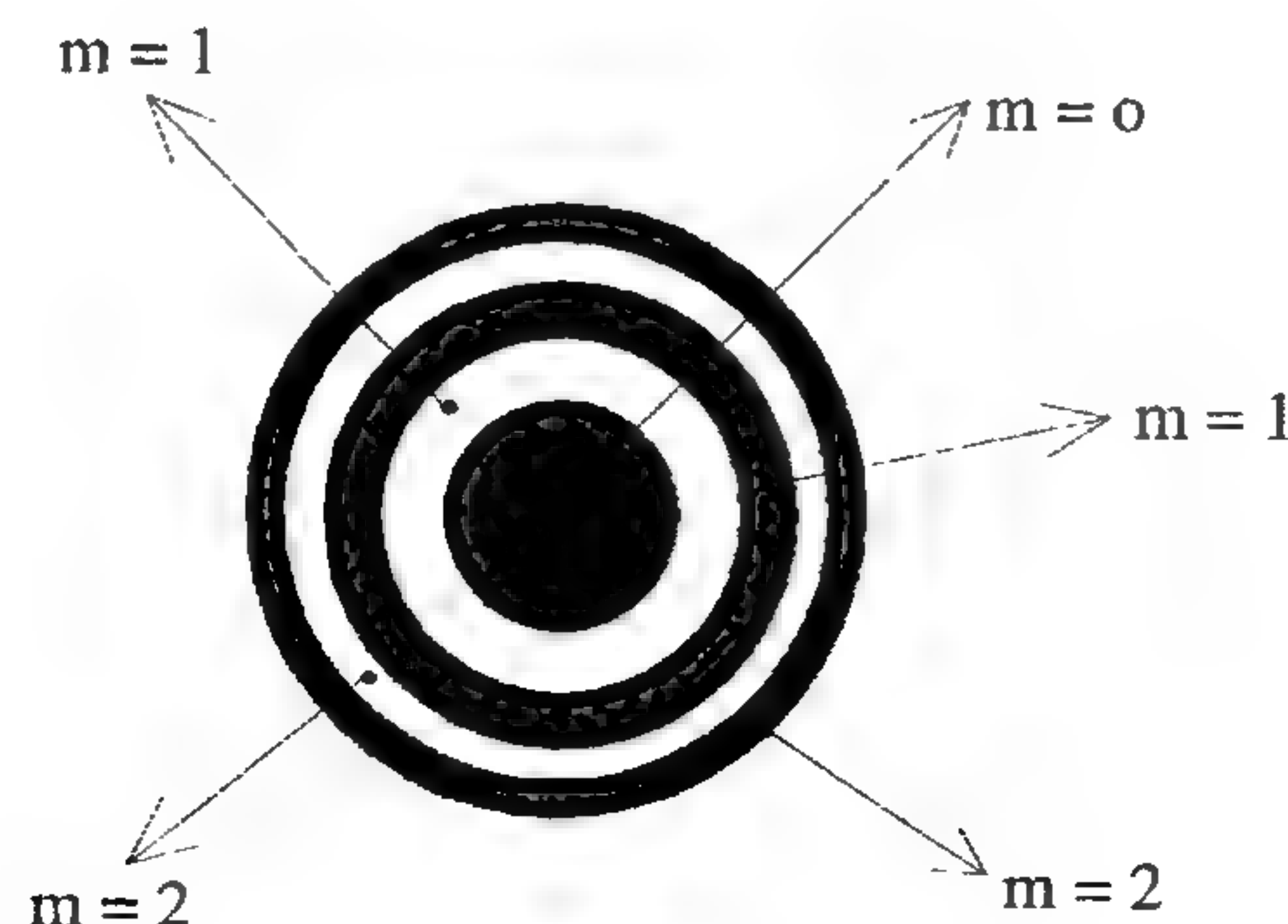
$$\Delta r = r_{m+1} - r_m = \sqrt{(m+1)\lambda R} - \sqrt{m\lambda R} = \sqrt{\lambda R m} \left[\left(1 + \frac{1}{m}\right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

برای m های بالا $\Delta r \approx \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\lambda R}{m}}$

نکته : مساحت محصور میان دو حلقه روشن متوالی (و میان دو حلقه تاریک متوالی)

$$s = \pi r_{m+1}^2 - \pi r_m^2 = \pi \left[\lambda R \left(m + 1 + \frac{1}{\gamma}\right) \right] - \pi \left[\lambda R \left(m + \frac{1}{\gamma}\right) \right]$$

$$= \pi \lambda R$$

در زیر حلقه‌های نیوتون (تا $m = 2$ تاریک) ترسیم شده است.

۸-۴ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- در بررسی تداخل امواج در آزمایش یانگ در دو شکافی :

(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)

۱- فاصله دو شکاف باید از قطر شکافها کوچکتر باشد.

۲- قطر هر شکاف نسبت به طول موج نور تابیده شده خیلی بزرگتر باشد.

۳- فاصله دو شکاف باید کوچکتر از طول موج نور باشد.

۴- فاصله دو شکاف قابل مقایسه با طول موج نور باشد.

۲- نور تک رنگ با طول موج ۶۰۰۰ آنگستروم به دو شکاف به عرض ۰/۱۵ میلی‌متر می‌تابد
توزیع شدت نور در نوارهای تداخلی در فاصله ۱/۵ متر دورتر دیده می‌شود فاصله اولین
ماکزیمم نسبت به نوار مرکزی برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

۱- ۶ میلی‌متر ۲- ۱۲ میلی‌متر ۳- ۲۴ میلی‌متر ۴- ۳ میلی‌متر

۳- نور حاصل از لیزر هلیوم - نئون (با طول موج ۶۳۰ نانومتر) به یک جفت به شکاف می‌تابد
در نقش تداخلی روی پرده‌ای به فاصله‌ای ۱/۵ متر از شکافها، فاصله دو نوار روشن ۱/۳۵
سانتی‌متر است فاصله شکافها از یکدیگر چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- ۰/۰۰۷ سانتی‌متر ۲- ۰/۰۷ سانتی‌متر

۳- ۰/۷ سانتی‌متر ۴- ۰/۰۰۰۷ سانتی‌متر

۴- یک دستگاه دو شکافی با نور تکفام ۵۸۹۰ آنگستروم، روشن می‌شود فاصله زاویه‌های
نوارهای تداخلی ۰/۲ درجه است. برای کدام طول موج این فاصله ده درصد افزایش
می‌یابد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۶۵۰۰ آنگستروم ۲- ۵۴۰۰ آنگستروم ۳- ۷۳۰۰ آنگستروم ۴- ۶۸۰۰ آنگستروم

۵- به وسیله دستگاه آزمایش یانگ که در هوا قرار دارد نوارهای تداخلی را بر روی صفحه‌ای
تشکیل داده‌ایم و فاصله دو نوار روشن متوالی I می‌باشد اگر دستگاه را در مایعی به
ضریب شکست n فرو ببریم، فاصله دو نوار روشن متوالی برابر خواهد بود با :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- nI ۲- $I(1 - \frac{1}{n})$ ۳- $\frac{I}{n}$ ۴- $\frac{I}{n} - I$

۶- در آزمایش دو شکاف یانگ، فاصله شکافها از هم 2 mm است و با طول موج $\lambda = 750 \text{ nm}$ و $\lambda' = 900 \text{ nm}$ روشن می‌شوند. اگر فاصله پرده تا شکافها 2 m باشد، در چه فاصله مینیممی از نوار روشن مرکزی یک نوار روشن تداخلی مربوط به یکی از طول موجها، بر روی نوار روشن مربوط به طول موج دیگر منطبق می‌شود؟

- ۱- $4/5 \times 10^{-3} \text{ mm}$ ۲- $3 \times 10^{-3} \text{ mm}$ ۳- $4/5 \text{ mm}$ ۴- 3 mm

۷- یکی از شکافهای یک دستگاه دو شکافی یانگ را به یک لایه نازک شیشه‌ای به ضریب شکست $n = 1/5$ می‌پوشانیم نوار پنجم روشن ($m = 5$) به مرکز پرده منتقل می‌شود. اگر طول موج $\lambda = 5 \times 10^{-4} \text{ mm}$ باشد، ضخامت لایه شیشه‌ای برابر چند mm است؟

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)

- ۱- 1×10^{-3} ۲- $1/6 \times 10^{-3}$ ۳- 5×10^{-3} ۴- 16×10^{-3}

۸- روی شیشه‌ای لایه‌ای از یک ماده شفاف با ضریب شکست $1/25$ به چه ضخامت قرار دهیم تا نور با طول موج 6000 آنگسترومی که به آن عمود می‌تابد بازتاب ندهد؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

- ۱- 120 A ۲- 120 nm ۳- 1200 nm ۴- 120 nm

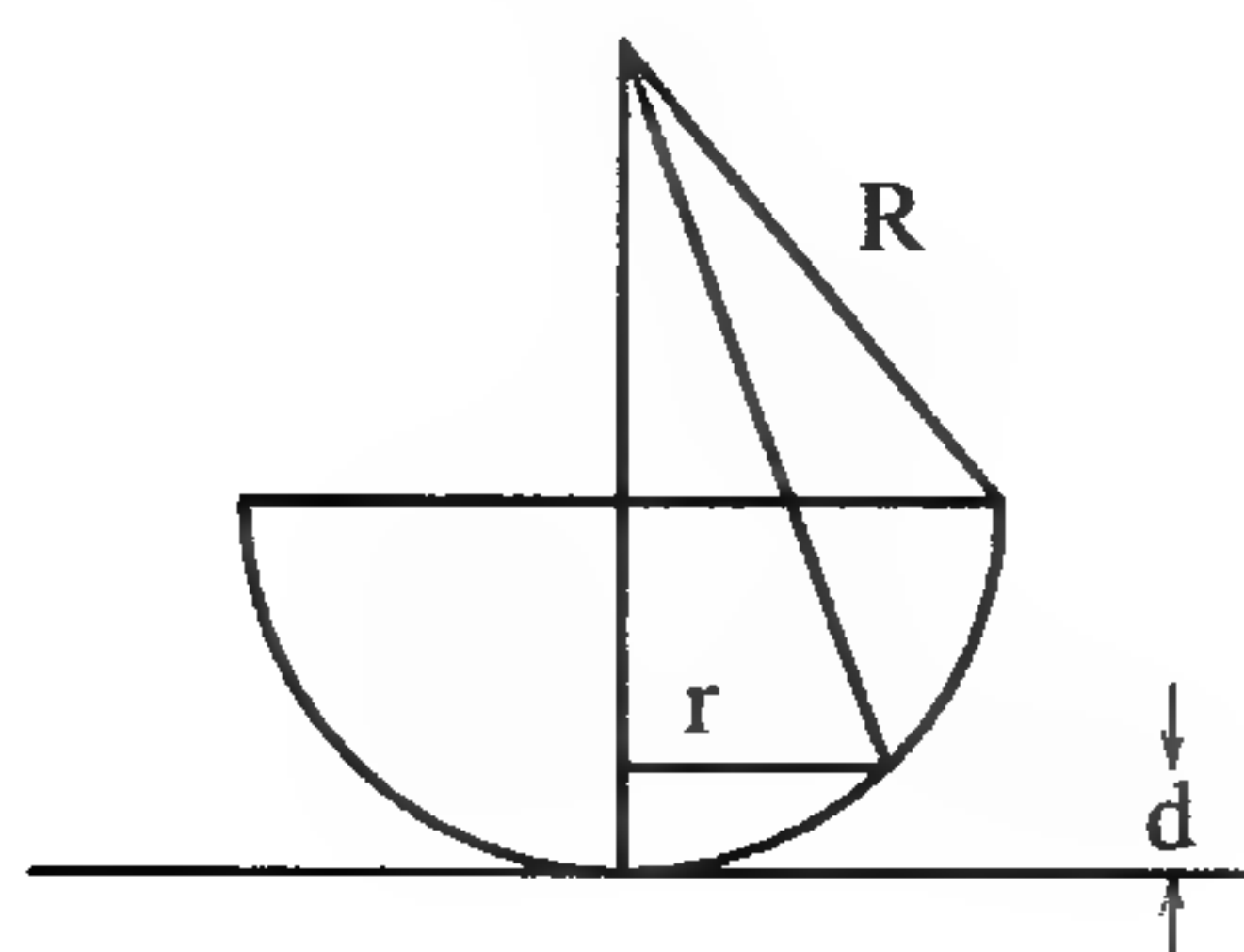
۹- نوری با طول موج 630 نانومتر به طور عمودی بر روی لایه‌ای به شکل گوه با ضریب شکست $1/5$ می‌تابد در طول این لایه 10 نوار روشن و 9 نوار تاریک تشکیل می‌شود. اختلاف ضخامت دو انتهای لایه چقدر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

- ۱- $3/11$ میکرومتر ۲- $2/46$ میکرومتر ۳- $1/89$ میکرومتر ۴- $0/77$ میکرومتر

۱۰- حلقه‌های نیوتونی توسط عدسی محدب - سطح واقع بر روی سطح تخته شیشه (مطابق شکل زیر) تشکیل می‌گردد اگر R شعاع عدسی، m مرتبه و λ طول موج نور برخوردی باشد شعاع حلقه‌های تداخلی تاریک از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸ و GRE)



۱- $\sqrt{(m+1)\lambda R}$

۲- $\sqrt{(m\lambda)/R}$

۳- $\sqrt{m\lambda R}$

۴- $\sqrt{m\lambda/R}$

۱۱- حلقه‌های نیوتون با نوری به طول موج ۴۰۰ نانومتر تشکیل می‌شوند. تغییر ضخامت لایه هوا در میان سومین و ششمین نوار روشن چند نانومتر است؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)

- ۱- ۲۰۰ ۲- ۳۰۰ ۳- ۶۰۰ ۴- ۴۰۰

۱۲- تداخل سنج مایکلس را با نوری به طول موج ۵۸۹۰ آنگستروم روشن کرده و تیغه نازکی که ضریب شکست آن برای این طول موج $1/4$ می‌باشد در یکی از راههای نوری تداخل سنج وارد می‌کنیم و مشاهده می‌نماییم که ۷ نوار تداخلی از میدان دید می‌گذرند ضخامت تیغه را به دست آورید؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

- ۱- $11/58$ میکرون ۲- $9/11$ میکرون ۳- $7/91$ میکرون ۴- $5/15$ میکرون

۱۳- در آزمایش دو شکاف یانگ که فاصله دو شکاف برابر 0.1 mm است، چنان چه صفحه در فاصله $L = 2 \text{ m}$ قرار داشته باشد اولین روشنایی بیشینه در فاصله $y = 1 \text{ cm}$ از روشنایی بیشینه مرکزی واقع می‌شود طول موج نور تابیده شده را به دست آورید؟

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)

- ۱- 4000 \AA ۲- 8000 \AA ۳- 10000 \AA ۴- 5000 \AA
۵- $5 \times 10^{-7} \text{ \AA}$

۹-۴ پاسخهای تشریحی

(۴-۱)

$$\lambda = 6000 \text{ \AA} \quad \text{و} \quad d = 1/5 \text{ mm} \quad \text{و} \quad D = 1/5 \text{ m} \quad (1-2)$$

$$y_m = \frac{m\lambda D}{d}, \quad y_1 = \frac{(1)(6000 \times 10^{-10})(1/5)}{1/5 \times 10^{-2}} = 6000 \times 10^{-6} \text{ m} = 6 \times 10^{-2} \text{ m} = 6 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{yd}{mD} \quad \text{رابطه طول موج در نقش تداخلی دو شکاف} \quad (1-3)$$

$$= 7 \times 10^{-5} \text{ (m)} = 0.007 \text{ (Cm)}$$

$$D : \text{فاصله پرده از شکافها} \quad d = \frac{\lambda m D}{d} = \frac{630 \times 10^{-9} \times 1 \times 1/5}{1/35 \times 10^{-2}}$$

y : فاصله نوار روشن m ام از نوار روشن وسطی :

d : فاصله شکافها از یکدیگر :

$$\theta = 0.2^\circ = 0.00348 \text{ rad} \quad \theta = \frac{m\lambda}{d} \quad (1-4)$$

$$\lambda = 5890 \text{ \AA} \quad \text{و} \quad \theta' = \theta + 0.1 \theta$$

$$\theta = 0.22^\circ = 0.003838 \text{ rad} \quad \sin \theta' = \frac{\lambda'}{d} \Rightarrow \frac{\theta}{\theta'} = \frac{\lambda}{\lambda'} \Rightarrow \frac{0.00348}{0.003838} = \frac{5890}{\lambda'}$$

$$\lambda' = 6500 \text{ \AA}$$

$$y = \frac{m\lambda D}{d} \quad (3-5)$$

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d} = I \quad \text{دو نوار روشن متوالی}$$

$$n \text{ در محیطی با ضریب شکست} \quad \lambda_n = \frac{\lambda}{n} \Rightarrow \Delta y = \frac{\lambda_n D}{d} = \frac{\lambda D}{nd} = \frac{I}{n}$$

$$d = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \text{فاصله شکافها} \quad (3-6)$$

$$D = 2 \text{ m} \quad \text{فاصله پرده تا شکافها}$$

$$y_k = \frac{k\lambda D}{d} \quad \text{مکان نوار روشن } k \text{ ام}$$

اگر نوار k ام مربوط به طول موج λ روی نوار k' از طول موج λ' بیافتد.

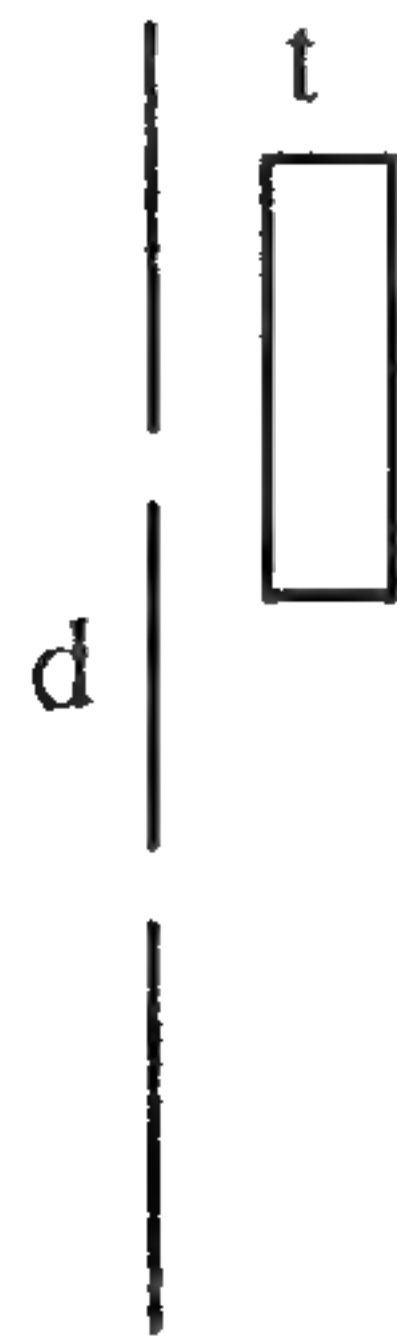
$$\frac{k\lambda D}{d} = \frac{k'\lambda' D}{d} \Rightarrow \frac{k}{k'} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{900 \text{ nm}}{750 \text{ nm}} = 1/2$$

$$\Rightarrow \frac{k}{k'} = 1/2 = \frac{6}{12} = \frac{12}{24}, \dots$$

بنابراین دو نوار اولی که بر هم منطبق میشوند $k = 6$ و $k' = 12$ است و سپس نوارهای $k = 12$ و

$k' = 24$ و ...

$$y_k = \frac{k\lambda D}{d} = \frac{6(750 \times 10^{-9} \text{ m})(2 \text{ m})}{2 \times 10^{-2} \text{ m}} = 45 \times 10^{-7} \text{ m} = 4/5 \times 10^{-2} \text{ m} = 4/5 \text{ mm}$$

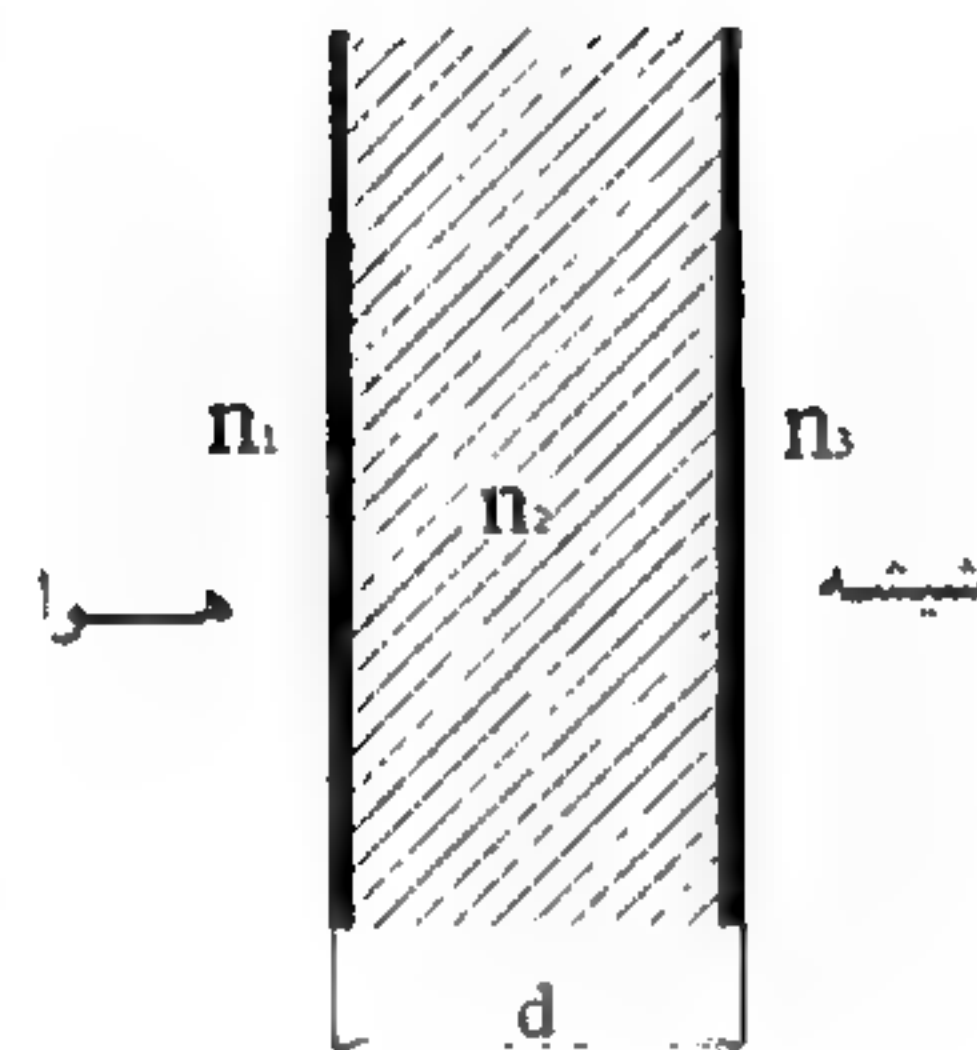


$$d \sin \theta = \Delta \lambda \quad (3-7)$$

در حضور تیغه در حالی که نور آمده از شکاف پایین مسیر t (به اندازه ضخامت تیغه) را در هوا $n = 1$ طی می کند نور آمده از شکاف بالا مسیر t را در محیطی با ضریب شکست n طی می کند.

$$(d \sin \theta + t \times 1) - tn = 0 \quad \lambda \Rightarrow \Delta \lambda + t - tn = 0$$

$$\Rightarrow t = \frac{\Delta \lambda}{n-1} = \frac{5(5 \times 10^{-2} \text{ mm})}{1/5-1} = 5 \times 10^{-3} \text{ mm}$$



$$(2-8) \quad \text{چون } n_1 < n_2 < n_3 \text{ برای شرط نوار تاریک داریم:}$$

$$2n_2 d = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad m = 0 \text{ و } 1 \text{ و } 2 \text{ و } \dots$$

ضریب شکست ماده شفاف: n_2

برای حداقل ضخامت ناحیه شفاف $m = 0$

$$d = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{6000 \text{ (Å)}}{4 \times 1/25} = 1200 \text{ (Å)} = 120 \text{ (nm)}$$

$$(3-9)$$

$$x_1 < x_2 < x_3$$

$$\lambda = 630 \text{ nm}$$

$$n = 1/5$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$\cos \theta = 1$$

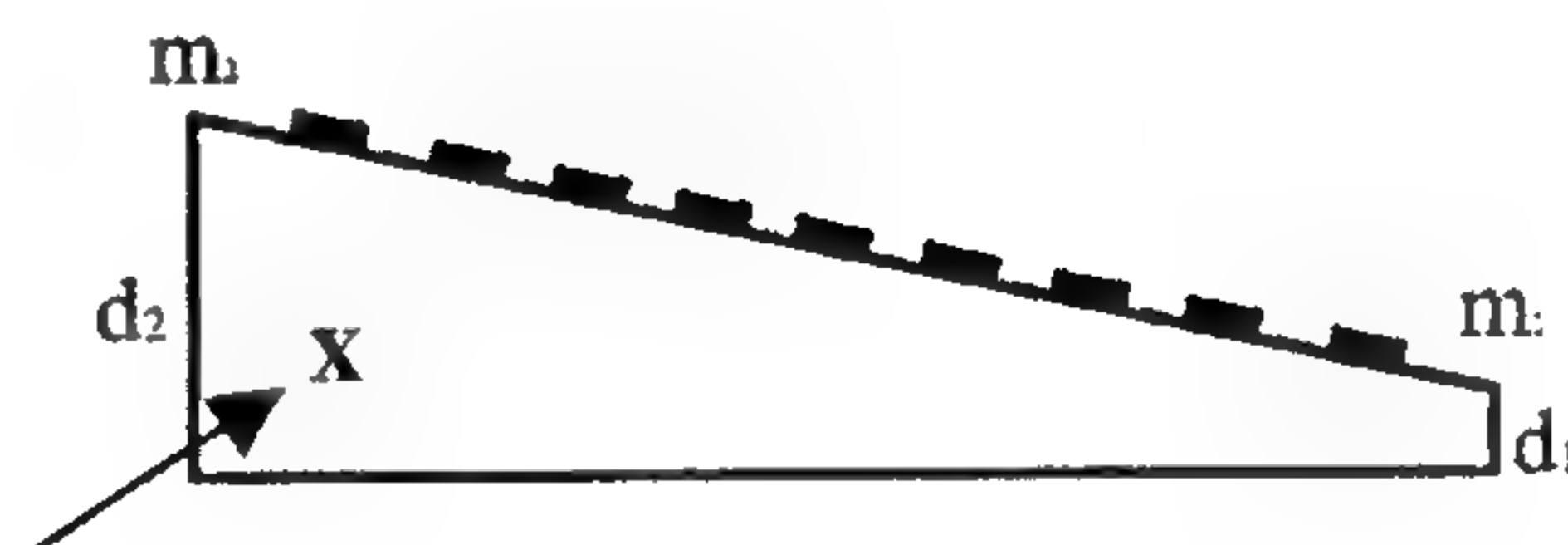
$$d = ?$$

ده نوار روشن و ۹ نوار تاریک داریم اگر m_1 شماره اولین و m_2 شماره آخرین نوار روشن باشد $m_2 - m_1 = 9$ (مثلاً $m_1 = 1$ و $m_2 = 10$) چون لایه با ضریب شکست $n = 1/5$ بین دو محیط با $n = 1$ قرار دارد.

$$\text{شرط نوار روشن: } 2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\Rightarrow 2n(d_2 - d_1) = (m_2 - m_1)\lambda \Rightarrow d_2 - d_1 = \frac{9\lambda}{2n} = \frac{9(630)}{2(1/5)}$$

$$= 1890 \text{ nm} = 1/89 \mu \text{ m}$$



$$d \equiv \frac{r^2}{2R}$$

۱۰-۳) همان گونه که در خلاصه مطالب درس آمد

با توجه به آنکه لایه هوا با ضریب شکست ۱ بین دو محیط با ضریب شکست n قرار دارد برای شرط نوار تاریک داریم :

$$2nd = m\lambda \Rightarrow 2(1) \frac{r^2}{2R} = m\lambda \Rightarrow r = \sqrt{m\lambda R}$$

$$2nd = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad \text{شرط نوار روشن} \quad (11-3)$$

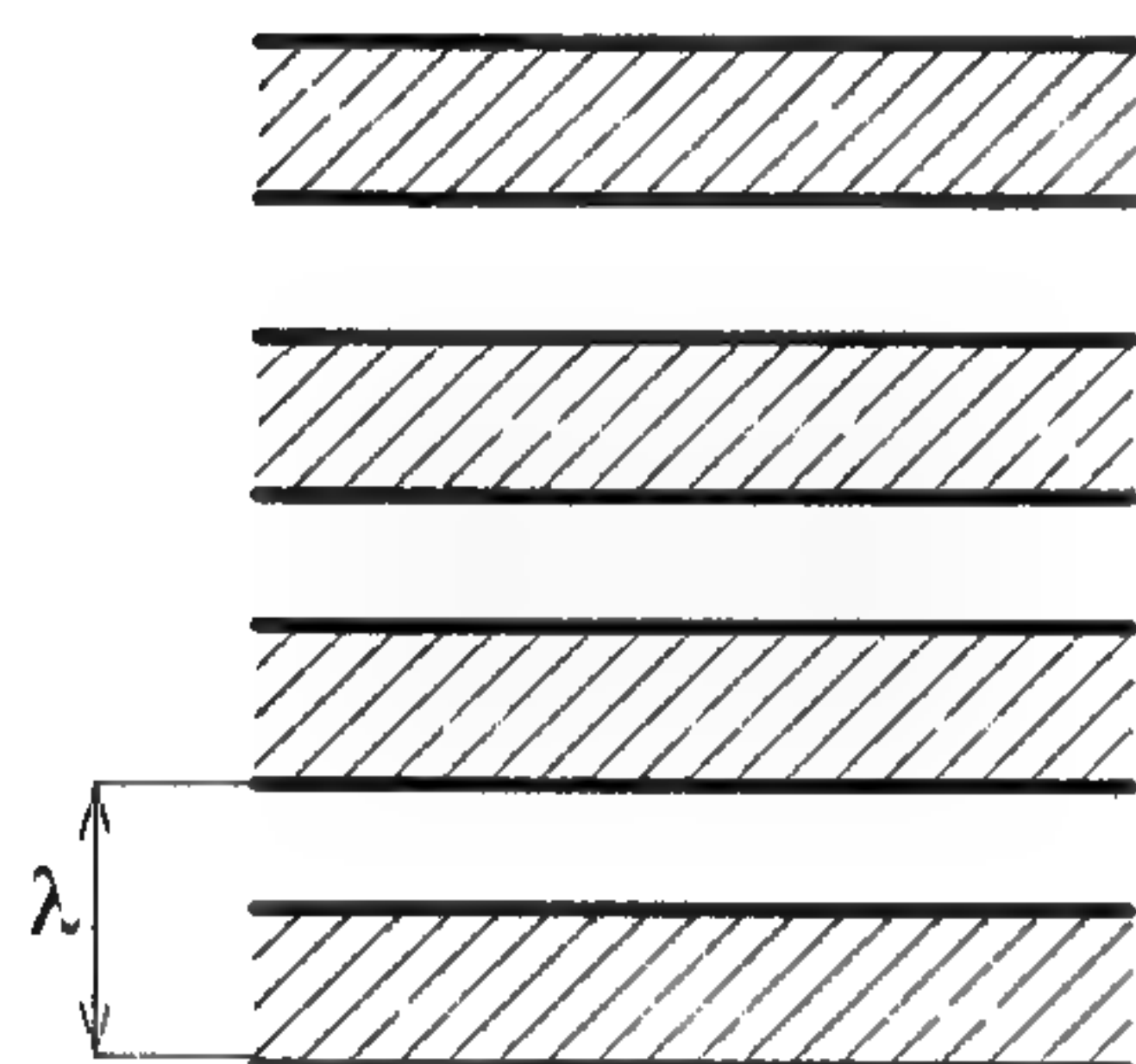
$$2(1)(d_6 - d_7) = (6 - 3)\lambda$$

$$\Rightarrow d_6 - d_7 = \frac{3\lambda}{2} = \frac{3(400 \text{ nm})}{2} = 600 \text{ nm}$$

۱۲-۴) هر نوار تداخلی (تاریک یا روشن) معادل $\frac{\lambda}{2}$ است بنابراین وقتی هفت نوار تداخلی از

میدان دید عبور می کند در واقع اندازه طول طی شده برابر $\frac{3}{5}\lambda$

خواهد شد.



$$e = ?$$

$$n = 1/4$$

$$\lambda = 5890 \text{ Å}$$

$$e(n - 1) = k\lambda \Rightarrow e(1/4 - 1) = 3/5 \times 5890$$

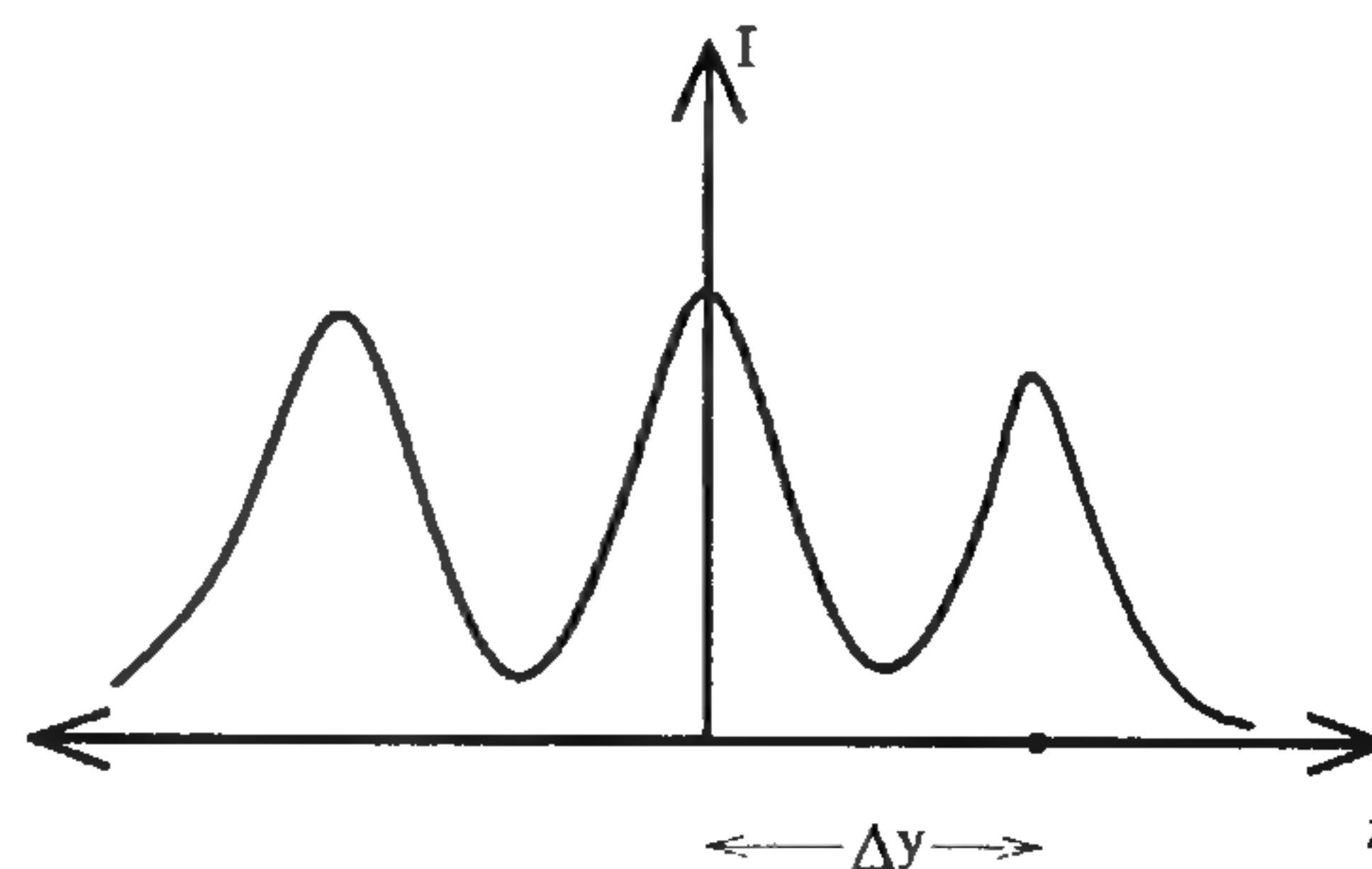
$$e = 515375 \text{ Å} \quad e = 51.5 \text{ میکرون}$$

$$\Delta y = L \sin \theta \quad \text{فاصله دو ماکزیمم}$$

(۱۳-۴)

$$d \sin \theta = \lambda \quad \Delta y = L \frac{\lambda}{d}$$

$$\lambda = \frac{d}{L} \Delta y = \frac{10^{-2}}{2} 10^{-2} = 0.5 \times 10^{-6} \text{ m} = 5000 \text{ Å}$$




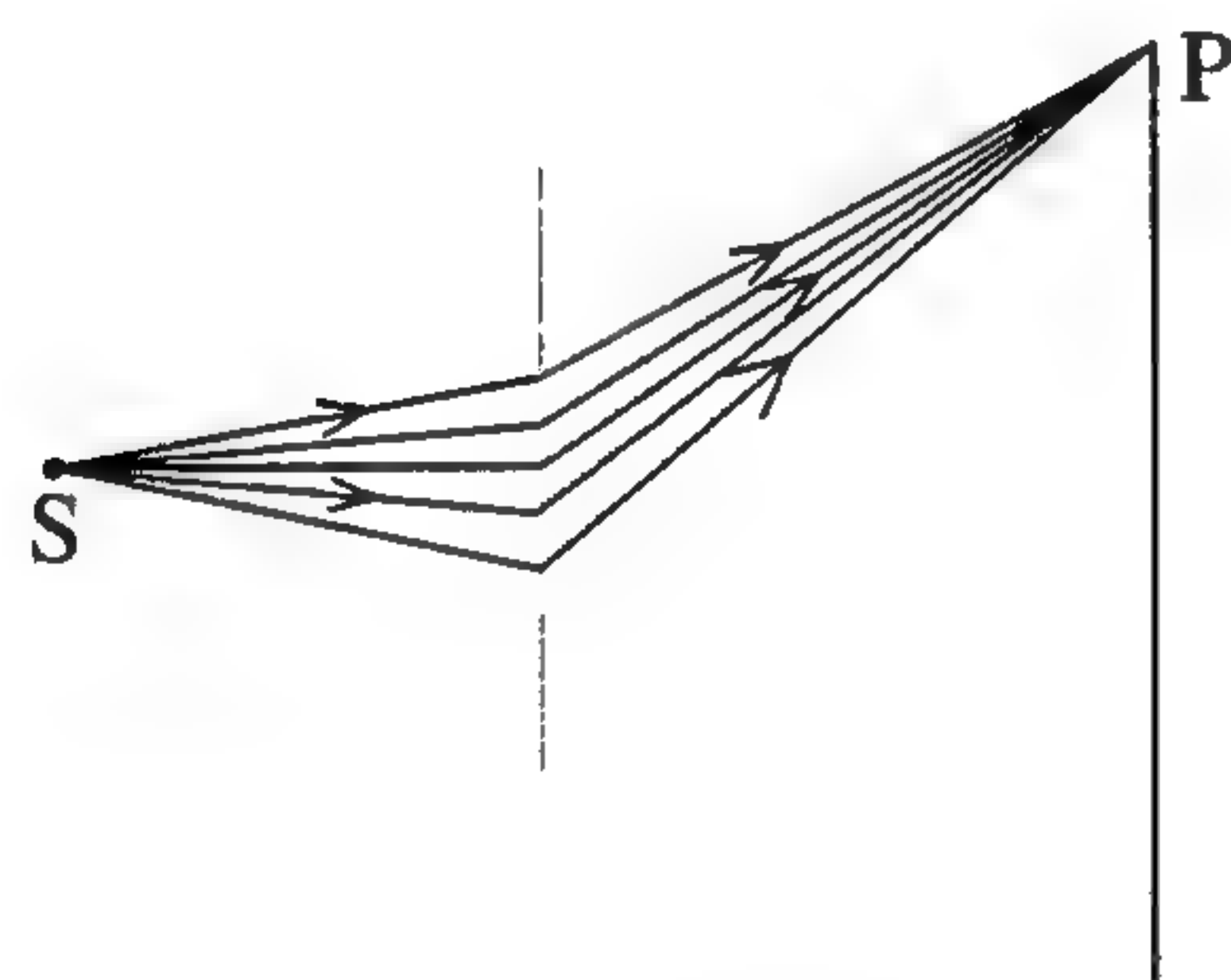
فصل پنجم

پراش

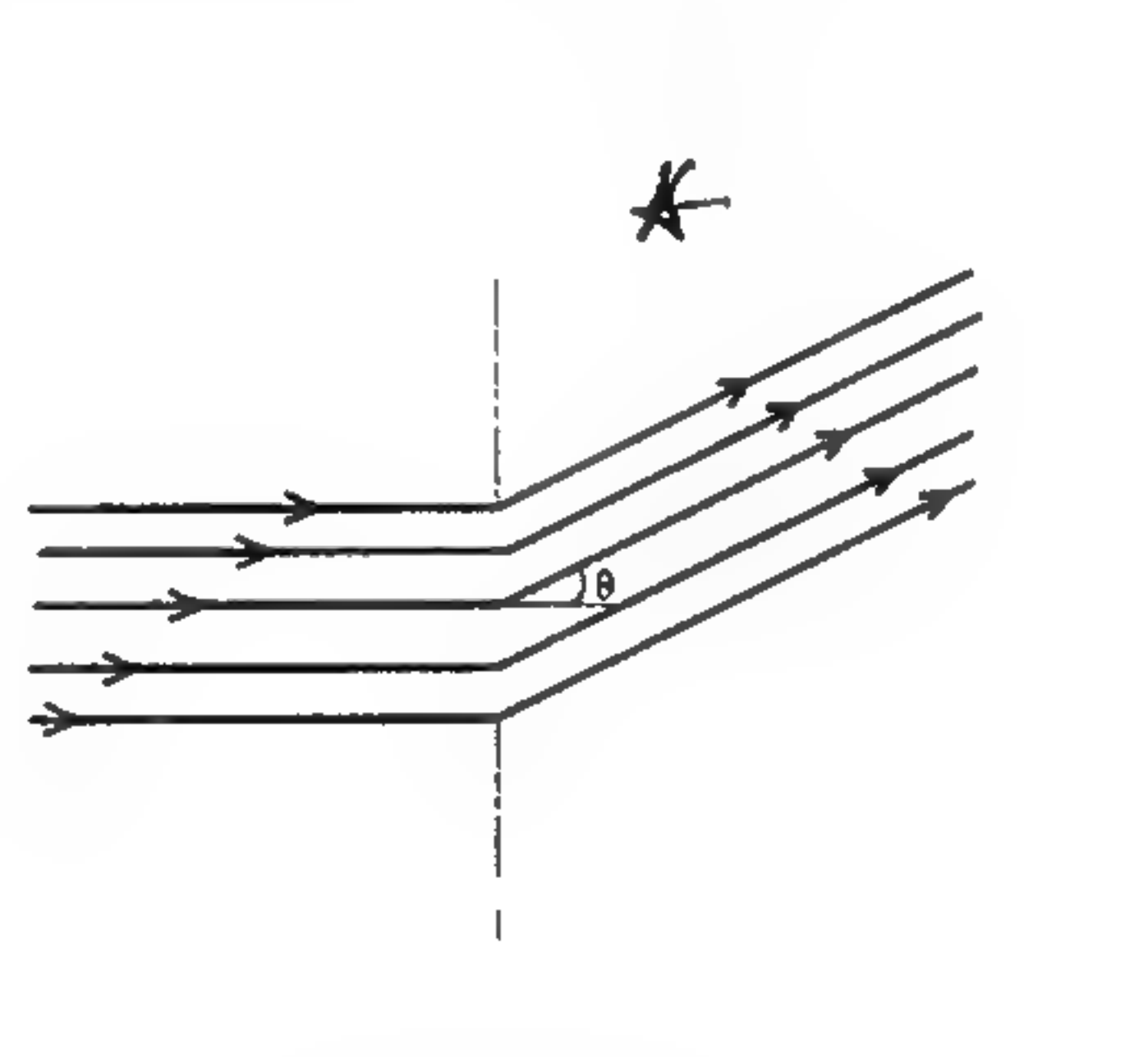
۱-۵ مقدمه

پراش عبارت است از خم شدن نور دور مانعی مثل لبه یک شکاف. اگر از لای شکاف میان دو انگشت به چشمه نسبتاً دوری نگاه کنیم و یا از پشت چتر پارچه‌ای به چراغهای روشن خیابان نگاه کنیم، پدیده پراش را می‌بینیم. اگر چه هویگنس به نظریه موجی معتقد بود ولی پراش را باور نمی‌کرد ولی فرنل با درست از اصل هویگنس پدیده پراش را توضیح داد.

پراش فرنل : در پراش فرنل، چشمه نور و پرده‌ای که نقش پراش بر روی آن می‌افتد، در فاصله متناهی از روزنه پراش قرار دارد. (پیرلو غیر مسلای) 
پراش فرانیهوفر : در این پراش چشمه نور و پرده‌ای که نقش پراش بر روی آن می‌افتد در فاصله دوری از روزنه پراش می‌باشند. (پیرلو مسلای)



(پراش فرنل)

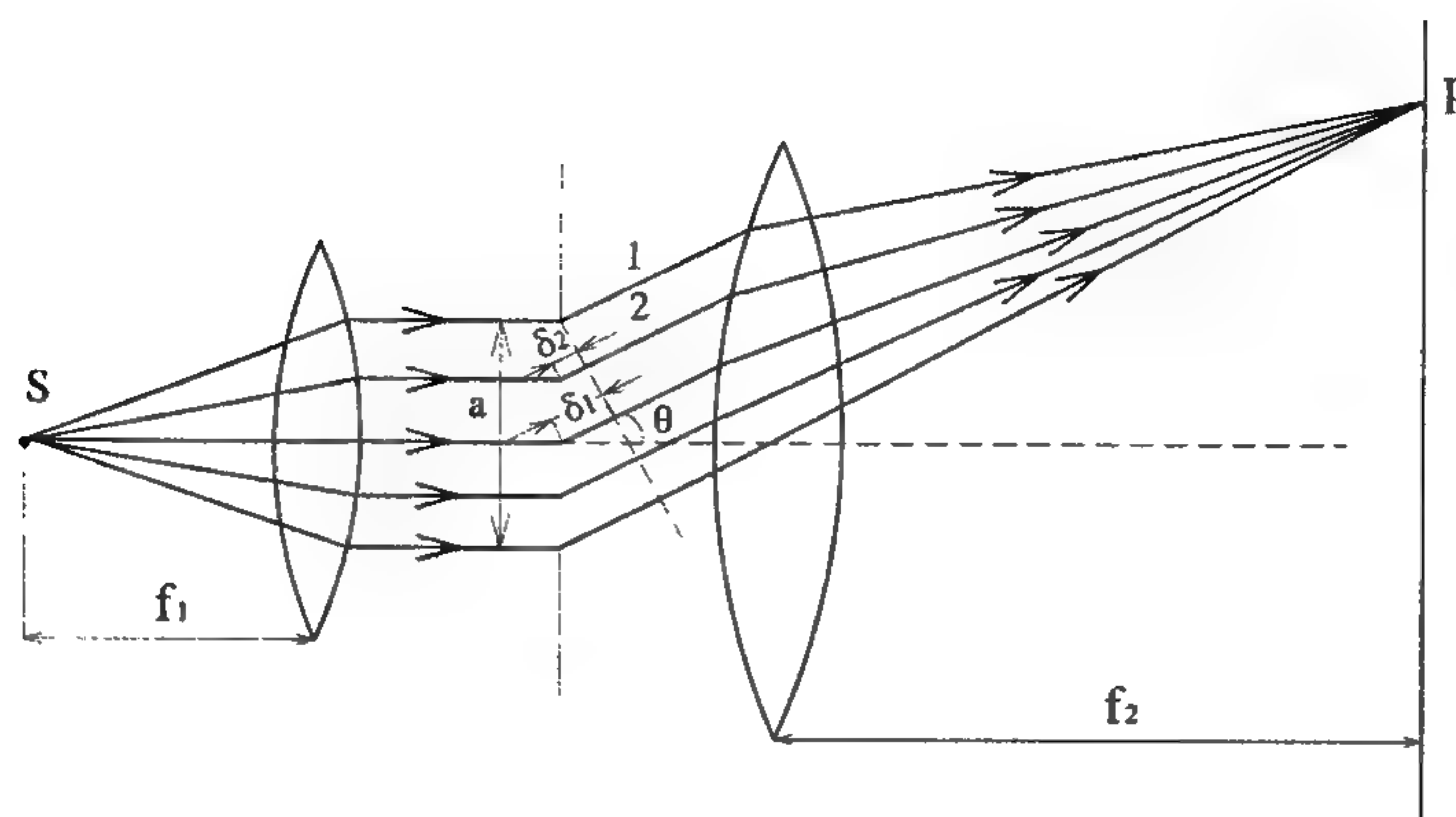


(پراش فرانیهوفر)

پراش فرانیهوفر حالت حدی پراش فرنل است. در اینجا تنها به پراش فرانیهوفر که ساده‌تر است پرداخته می‌شود. برای به وجود آوردن شرایط پراش فرانیهوفر از عدسیها استفاده می‌کنیم و در نتیجه نقاطه S و P در نزدیکی روزنه باقی می‌مانند. در بررسی پراش ناشی از شکاف این موضوع را خواهیم دید.

۲-۵ تک شکاف

پراش حاصل از یک شکاف به پهنای a را بررسی می‌کنیم.



اگر نقطه p اولین مینیمم باشد اختلاف راه برابر $\frac{\lambda}{2}$ است. مثلاً برای پرتوهای ۱ و ۲ داریم

$$\delta_1 = \frac{a}{2} \sin \theta \text{ و}$$

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow a \sin \theta = \lambda$$

و یا برای پرتوهای ۱ و ۳ داریم $\delta_2 = \frac{a}{2} \sin \theta$

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow a \sin \theta = \lambda$$

بنابراین به طور کلی برای مینیممهای نقش پراش تک شکافی داریم:

$$a \sin \theta = m \lambda$$

$m = 1 \text{ و } 2 \text{ و } 3 \text{ و } \dots$

تقریباً در میان هر دو مینیمم یک ماکزیمم وجود دارد به عنوان مثال برای اولین ماکزیمم داریم $m = 1/2$

m (البته با احتساب ماکزیمم مرکزی، در مرکز اختلاف راه برابر صفر و تداخل سازنده داریم).

دامنه و شدت پراش حاصل از تک شکاف از معادلات زیر به دست می‌آید. E_m دامنه در مرکز

پراش و I_m شدت در مرکز پراش است.

$$E_\theta = E_m \frac{\sin \alpha}{\alpha}, \quad I_\theta = I_m \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

که $\alpha = \frac{\phi}{2} = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$ است که ϕ اختلاف فاز میان پرتوهای ناشی از بالا و پایین شکاف است.

$$\text{اختلاف فاز} = \frac{2\pi}{\lambda} (\text{اختلاف راه}) = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta$$

در مینیممها داریم:

$$I = 0 \Rightarrow \alpha = m\pi \Rightarrow \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta = m\pi \Rightarrow a \sin \theta = m\lambda$$

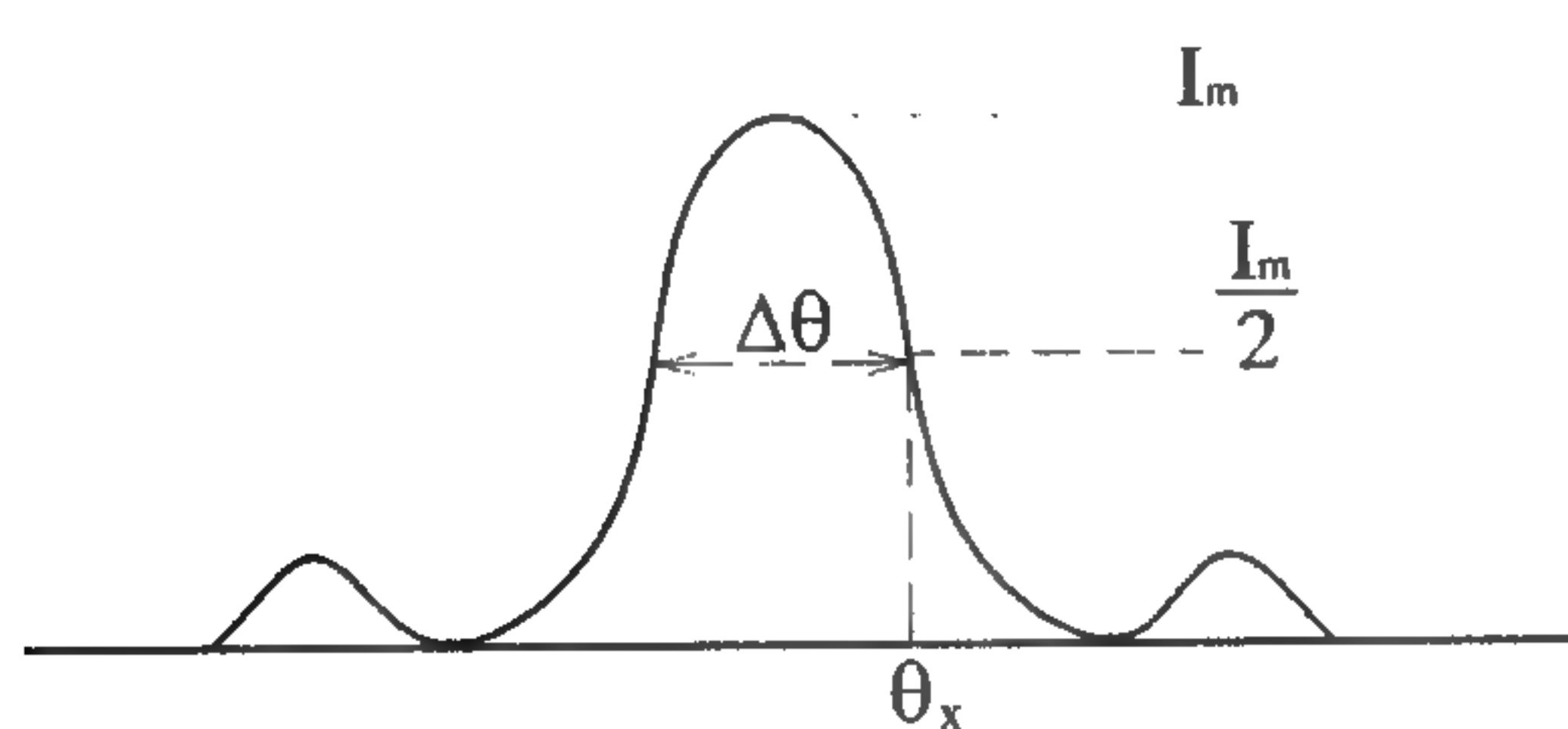
نکته

۱- در مورد ماکزیممهای ثانوی، با توجه به آنکه تقریباً در وسط مینیممها قرار می گیرند داریم :

$$\alpha \cong (m + \frac{1}{2})\pi \Rightarrow I_{\theta} = I_m \left[\frac{\sin(m + \frac{1}{2})\pi}{(m + \frac{1}{2})\pi} \right]^2 = \frac{I_m}{(m + \frac{1}{2})^2 \pi^2}$$

۲- پهنای ماکزیمم مرکزی پراش

نیم پهنای عبارت است از زاویه میان دو نقطه‌ای (در نقش پراش) که شدت در آنها نصف شدت در مرکز نقش است.

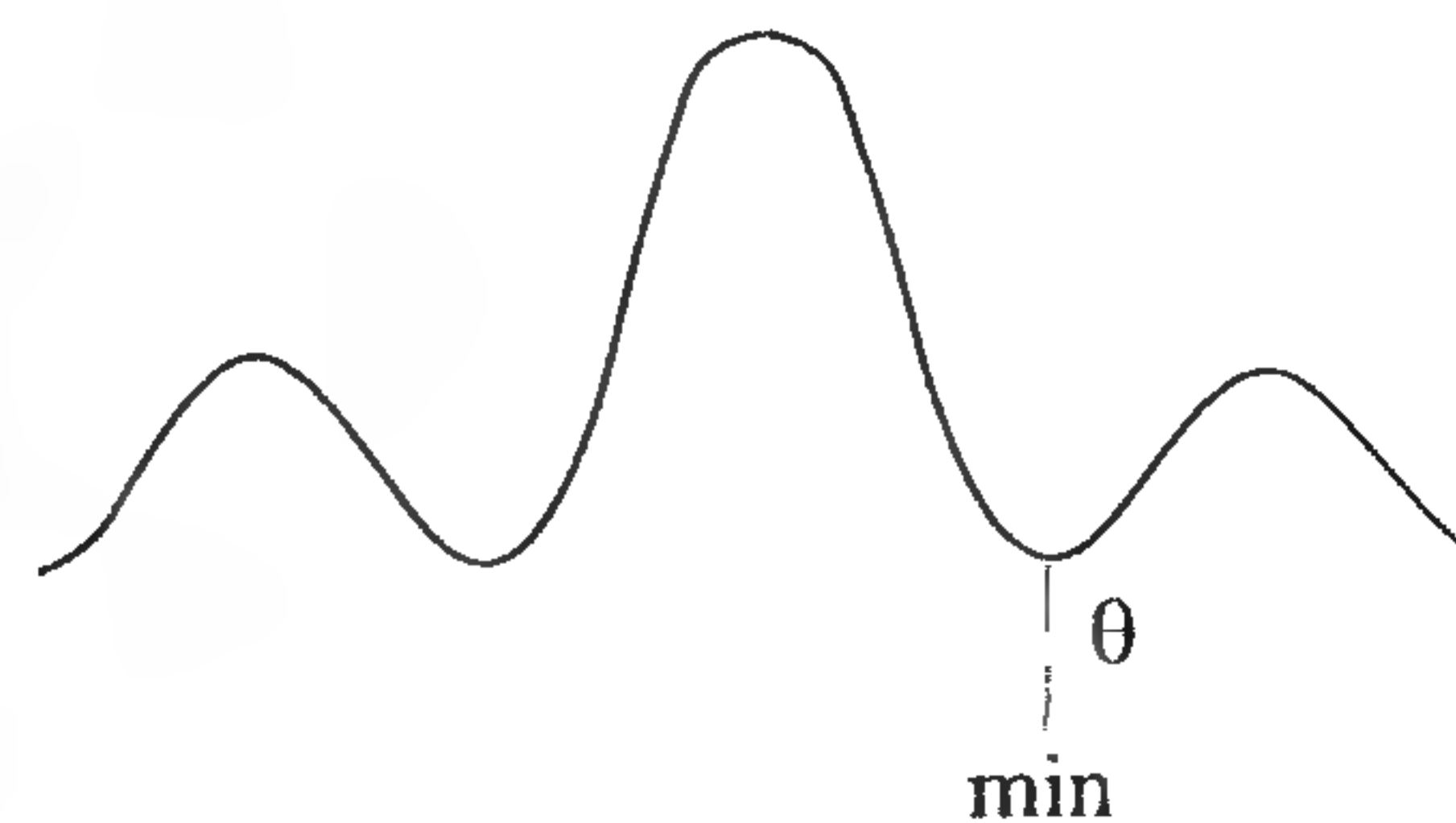
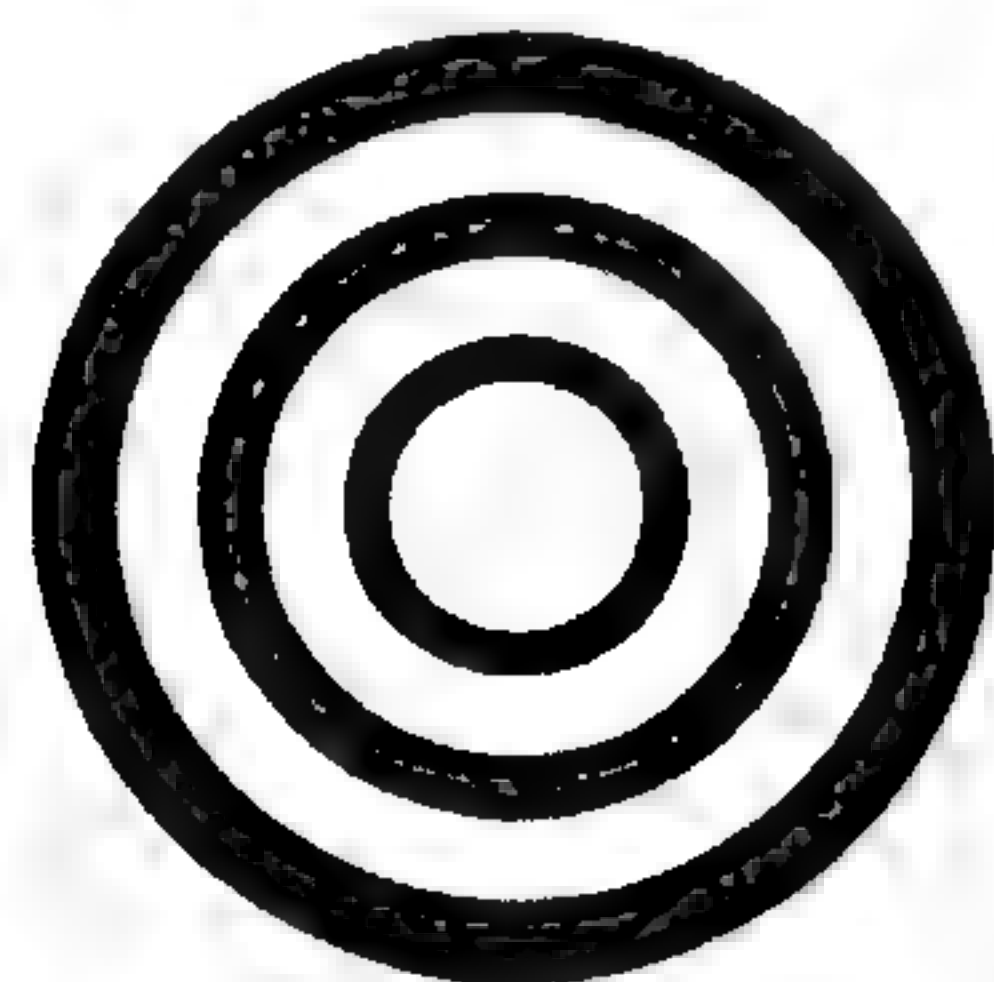


$$\frac{1}{2} \left(\frac{\sin \alpha_x}{\alpha_x} \right)^2 \Rightarrow \alpha \approx 1/4 \text{ rad} = 14.3^\circ$$

با توجه به رابطه $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta_x = 1/4$ و با داشتن $\frac{a}{\lambda}$ می توان $\theta_x = \Delta \theta_x / 2$ را به دست آورد.

۳- ۵ پراش در روزنه گرد

پراش از یک روزنه گرد به قطر d را در نظر می گیریم. این روزنه می تواند لبه های یک عدسی باشد (قبلاً در بررسی عدسیها فقط نور هندسی را بررسی کرده ایم و اثرات ناشی از پراش را در نظر نگرفتیم). اگر تصویر یک چشمه نور دور دست را بر فیلم عکاسی مشاهده کنیم خواهیم دید که تنها یک نقطه نورانی نداریم بلکه تصویر به جای یک نقطه نورانی به صورت یک قرص روشن با حلقه های روشن ثانویه است که هر چه از مرکز دورتر شویم ضعیف تر می شوند. در شکل زیر چند حلقه اولیه ترسیم شده است.

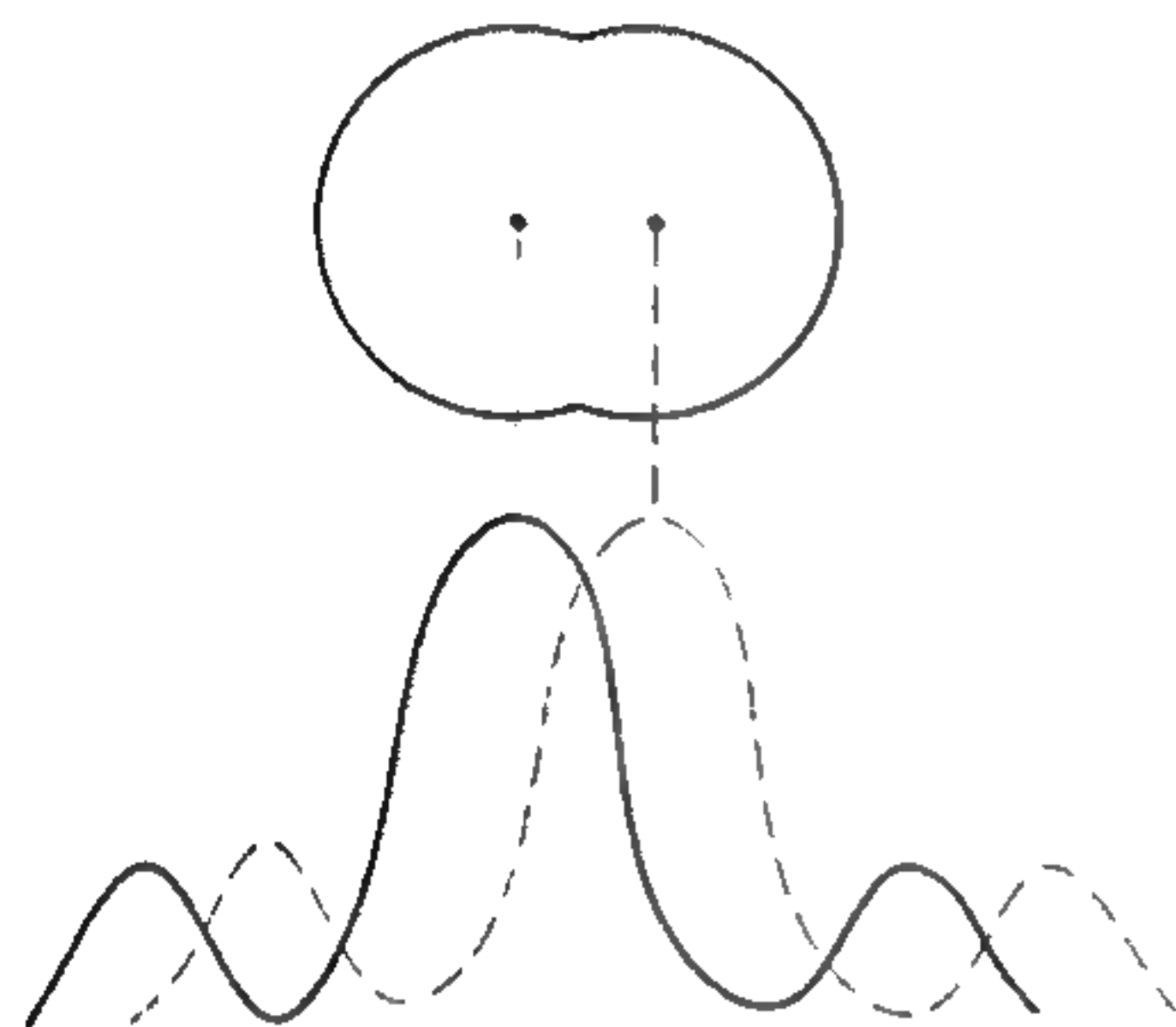


$$\sin \theta = 1/22 \frac{\lambda}{d} \quad \text{اولین مینیمم}$$

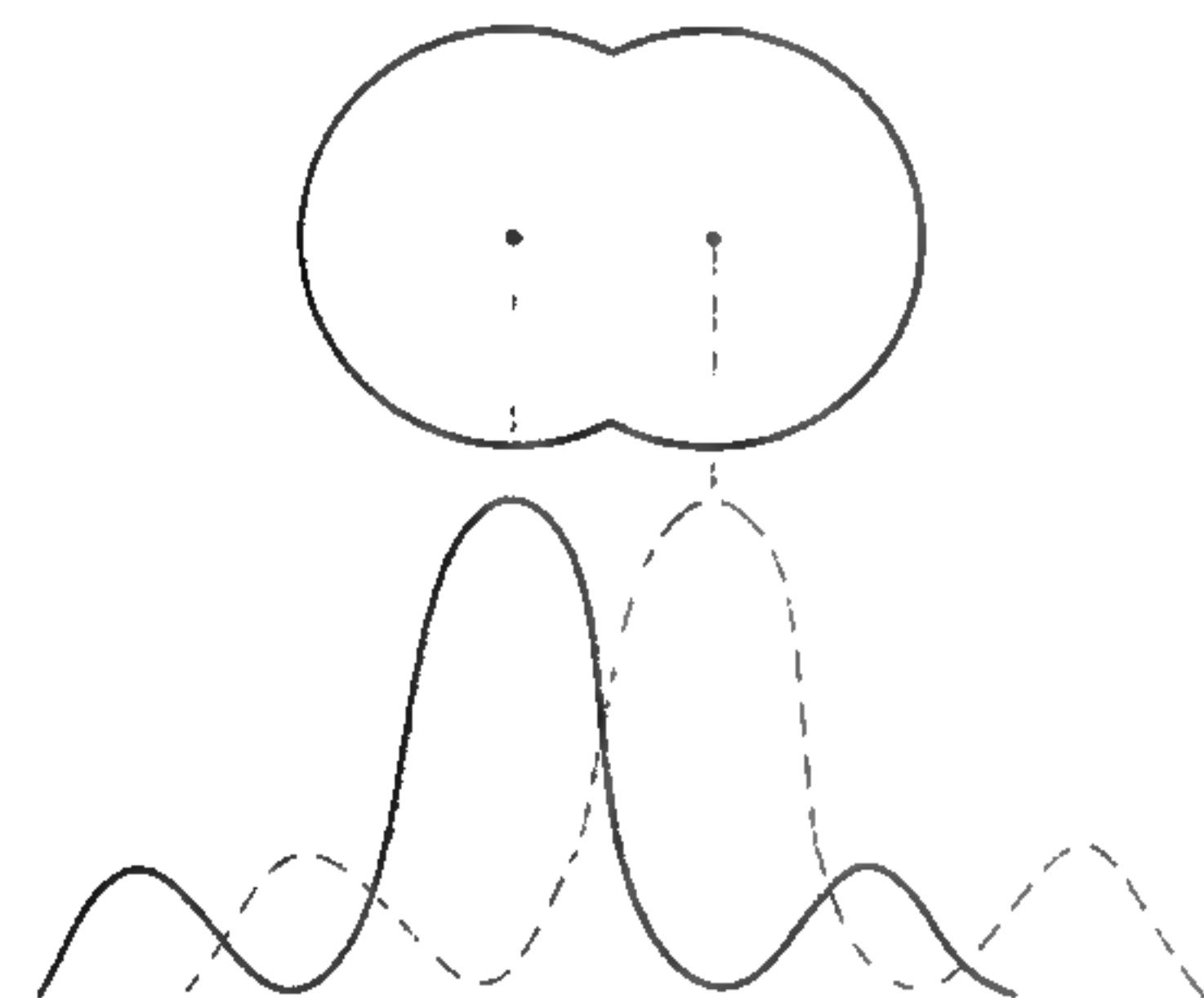
فاصله بین دو مرکز

معیار تفکیک

فرض کنید تصویر دو شیء دور دست (مثلاً دو ستاره) یک عدسی تشکیل شده است. اگر دو قرص مرکزی بسیار به هم نزدیک باشند، این دو تصویر از هم قابل تشخیص نخواهد بود.



مرکز دو قرص روشن مرکزی آنقدر به هم نزدیکند که از یکدیگر قابل تشخیص نیستند.



اما اگر فاصله دو قرص، حداقل به اندازه‌ای باشد که قله مرکزی یکی بر روی مینیمم دیگری بیافتد (مرکز هر قرص روی لبه قرص دیگر)، دو قرص از یکدیگر قابل تشخیص‌اند. این فاصله برابر است با θ مربوط به اولین نوار تاریک :

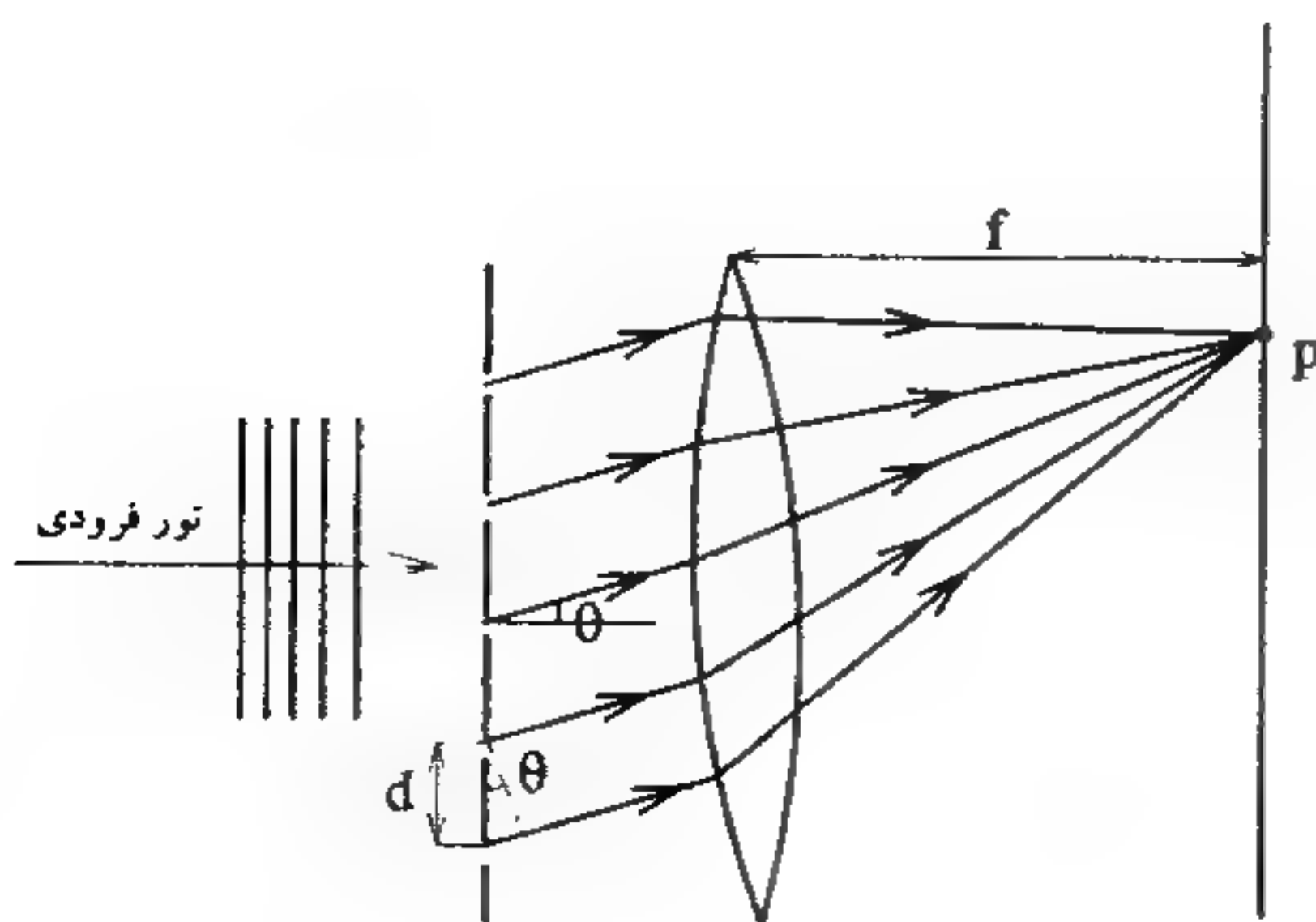
$$\theta_R = \sin^{-1} \frac{1/22 \lambda}{d}$$

$f \theta_R$ = فاصله میان مرکز نقشه‌های پراش در صفحه کانونی عدسی

۴-۵ چند شکافیها

اگر آزمایش ینگ را تعمیم داده و تعداد شکافها را به عدد بزرگ N برسانیم، یک توری پراش

داریم.



$$d \sin \theta = m \lambda \quad \text{برای ماکزیممهای اصلی :}$$

اگر $\Delta \theta_0$ متناظر با وضعیت شدت صفر

در هر طرف ماکزیمم اصلی مرکزی

$$\sin(\Delta \theta_0) = \frac{\lambda}{Nd}$$

$$\Delta\theta_0 = \frac{\lambda}{Nd}$$

نیم پهنای زاویه ماکزیمم اصلی مرکزی

کمیت $\frac{d\theta}{d\lambda}$ که پاشندگی نوری (D) نامیده می‌شود، معیاری برای جدایی زاویه‌ای میان دو موج فرودی تکفام است که با هم اختلاف کوچکی دارند.

$$D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \theta}$$

به عبارتی، جدایی زاویه‌ای دو ماکزیمم اصلی که اختلاف طول موجهایشان $\Delta\lambda$ باشد، عبارت است از :

$$\Delta\theta = \frac{m\Delta\lambda}{d \cos \theta}$$

توان تفکیک توریها

برای آنکه امواج نوری که طول موجهایشان به هم نزدیک است از همدیگر قابل تشخیص باشند باید ماکزیممهای این طول موجها که به وسیله توری تشکیل می‌شوند، تا حد امکان باریک باشند، به عبارتی توان تفکیک (R) باید زیاد باشد.

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \quad \text{توان تفکیک}$$

★ ★ میانگین طول موجهای دو خط طیفی است که به سختی از یکدیگر به صورت مجزا دیده می‌شوند و $\Delta\lambda$ اختلاف میان این طول موجها است. اثبات می‌شود که :

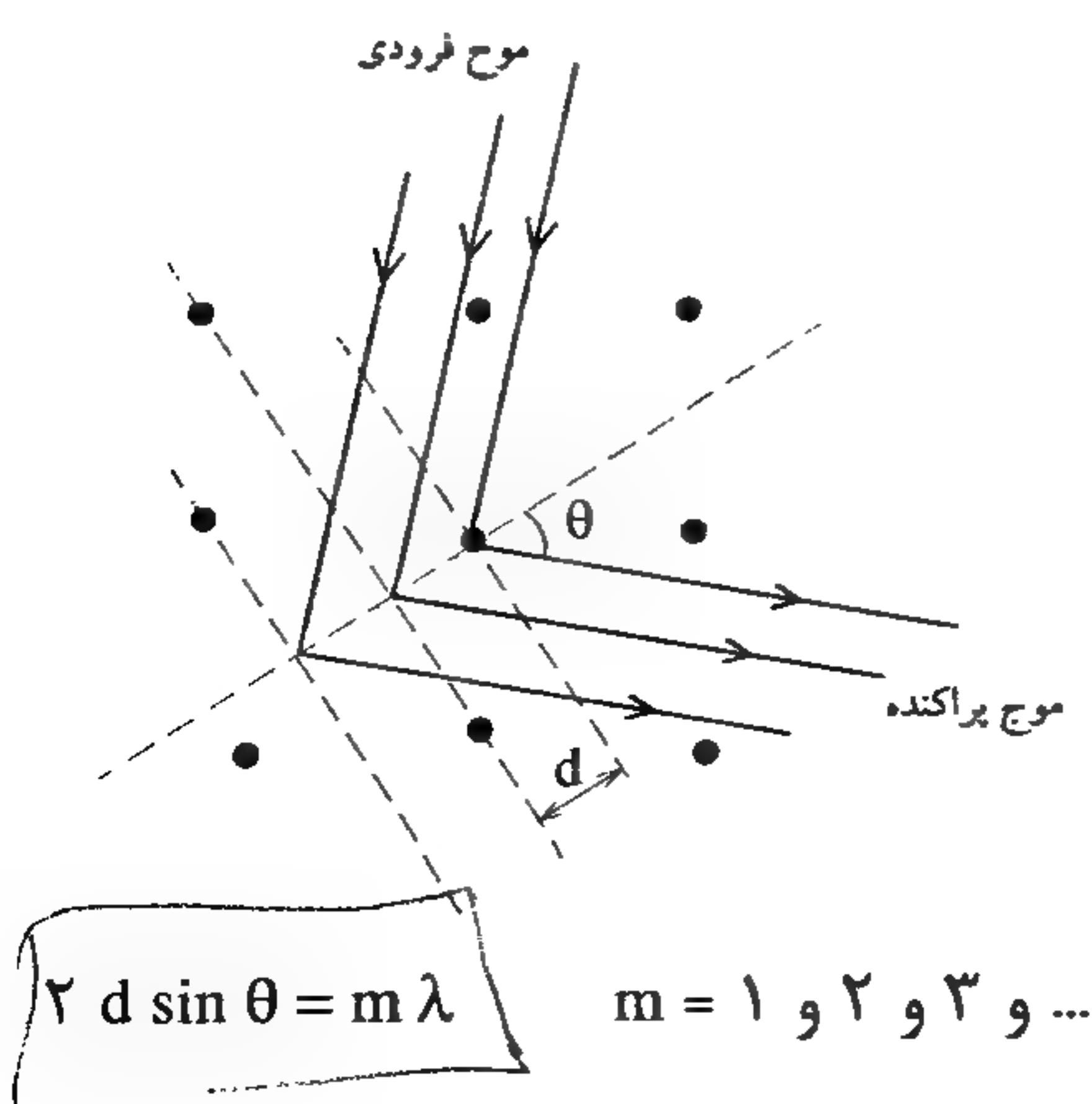
$$R = Nm$$

که N تعداد کل شیارهای توری و m نماینده مرتبه است.

۵-۵ قانون براگ

قانون براگ شرایطی را می‌دهد که خروج باریکه‌های پراشیده پرتو X از بلور امکان دارد. خطچین‌های مورب نشان‌دهنده مجموعه‌ای از صفحات دلخواه است که از مراکز پراش‌دهنده بنیادی می‌گذرند. فاصله عمودی میان دو صفحه مجاور برابر d است.

برای آن که باریکه‌ای که از کل صفحه‌های یک خانواده از صفحات، پراشیده می‌شود تداخل سازنده داشته باشد داریم :

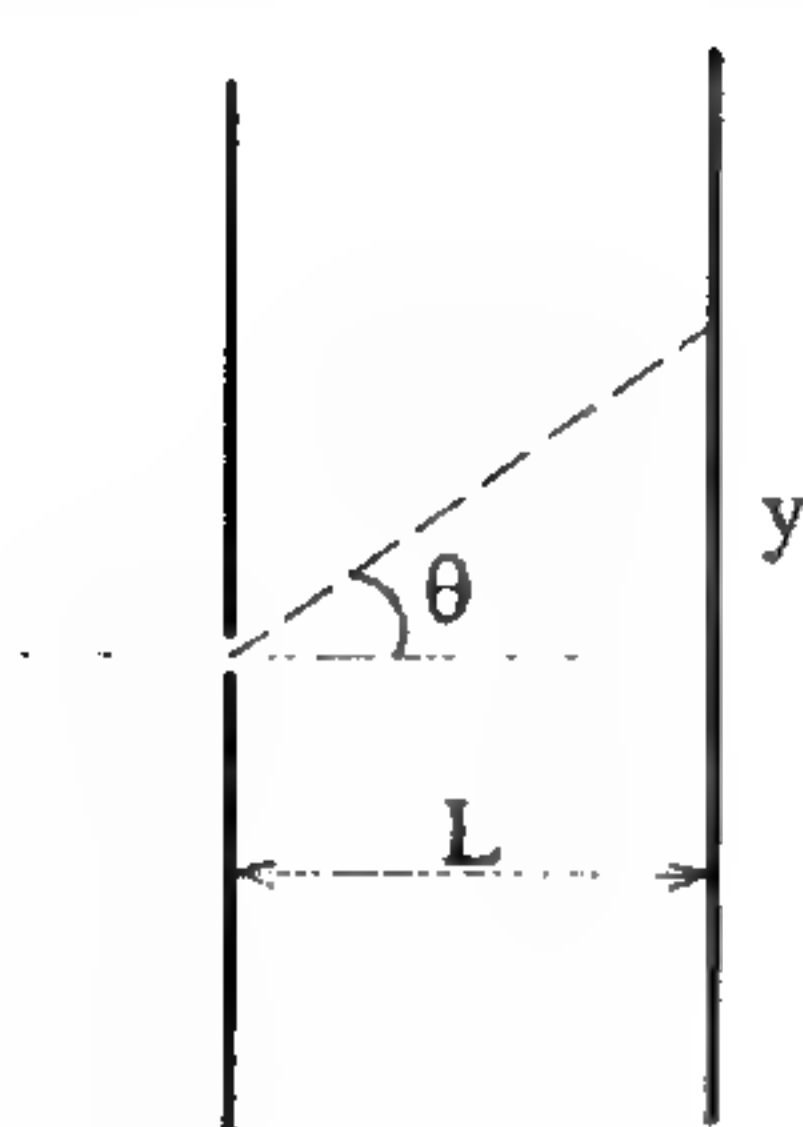


$$2d \sin \theta = m \lambda$$

$$m = 1 \text{ و } 2 \text{ و } 3 \text{ و } \dots$$

۶-۵ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- یک دسته پرتو تک رنگ با طول موج λ با قطر d برخورد می‌نماید پرتو عبوری بر روی پرده‌ای که به فاصله L از شکاف واقع است در فاصله y بالای وسط نوار مرکزی مشاهده می‌شود. اگر فاصله y نیمه راه اولین نوار با شدت مینیمم باشد نسبت $I(y)/I_0$ چقدر است؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸ و GRE)



$$\frac{1}{e} - 2$$

$$\frac{4}{\pi^2} - 4$$

$$\frac{1}{2} - 1$$

$$\frac{2}{\pi} - 3$$

۲- شخصی می‌خواهد اشیاء به فاصله جدایی یک متر از یکدیگر را که در فاصله ۱۰۰۰۰ متری است تشخیص دهد طول موج نور را 6000 \AA فرض کنید. مینیمم قطر عدسی دایره‌ای مورد نیاز چند سانتی‌متر است؟

$$0.1 - 4 \quad 0.7 - 3 \quad 1/4 - 2 \quad 2/9 - 1$$

۳- فاصله‌ای که چشم می‌تواند دو منبع نور شیاری به فاصله جدایی ۲ متر را از هم تمیز دهد چقدر است هر گاه قطر مردمک چشم ۳ میلی‌متر و طول موج مربوط 6000 \AA آنگستروم باشد؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷ و ۷۸)

$$4 - 16 \text{ کیلومتر} \quad 3 - 12 \text{ کیلومتر} \quad 2 - 8/2 \text{ کیلومتر} \quad 1 - 4/1 \text{ کیلومتر}$$

۴- فرض کنید شخصی بخواهد دو شیء با فاصله یک متر از یکدیگر را از مسافت ۱۰ کیلومتری تشخیص بدهد اگر طول موج نور را 6000 \AA انگستروم در سطر بگیریم. حداقل قطر عدسی مدور مورد نیاز چقدر است؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵ و ۷۶)

$$1 - 0.33 \text{ سانتی‌متر} \quad 2 - 0.15 \text{ سانتی‌متر} \quad 3 - 1/45 \text{ سانتی‌متر} \quad 4 - 0.73 \text{ سانتی‌متر}$$

۵- دانشمندی می‌خواهد تصویری از یک جسم زرد که در فاصله دوری از یک دوربین بین روزنه‌ای (Pinhole camera) قرار دارد تهیه نماید به طوری که تصویر دارای حداکثر وضوح باشد اگر طول موج نور λ ، قطر روزنه d و فاصله روزنه تا فیلم (محل تصویر) D باشد، d را به دست آورید؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸ و GRE)

$$1/22 \lambda^2/D - 2$$

$$\sqrt{2/44 \lambda D} - 1$$

$$\sqrt{\lambda D} - 4$$

$$2/44 \lambda^2/D - 3$$

۶- قطر ظاهری ماه تقریباً $\frac{1}{4}$ درجه است قطر تصویر ماه که توسط عدسی شیء دوربین به خوبی تشکیل می شود چند سانتی متر است ؟ (فاصله کانونی عدسی $17/4$ متر است).

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

- ۱- $14/18$ ۲- $15/18$ ۳- $15/81$ ۴- $14/81$

۷- توری پراش تخت را در نظر بگیرید. d فاصله بین خطوط موازی، m مرتبه پراش، θ زاویه

مشاهده است. پاشندگی زاویه ای $\frac{d\theta}{dL}$ را برای نور تابشی با طول موج λ بیابید ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

- ۱- $\frac{\sin \theta}{\lambda}$ ۲- $\frac{\cos \theta}{\lambda}$
۳- $\frac{\cot \theta}{\lambda}$ ۴- $\frac{\tan \theta}{\lambda}$

۸- یک دسته پرتو ایکس تکفام بر یک بلور کلرید سدیم که جدایی شبکه ها در آن ۳ انگستروم است فرود می آید. هر گاه جهت تاباندن پرتو را تغییر دهیم تا نسبت به عمود بر صفحه بلور زاویه 60° درجه درست کند، ردیف نخست بازتاب براگ مشاهده می شود.

طول موج پرتو ایکس چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

- ۱- ۳ انگستروم ۲- ۵ انگستروم ۳- ۷ انگستروم ۴- ۹ انگستروم

۹- میزان شدت پراش در آزمایش تک شکاف فرانیهوفر از رابطه، $x = \pi d y / \lambda L$ هر گاه

$I = I_0 \sin^2(x) / x^2$ فوق به دست می آید هر گاه d پهنای شکاف و y فاصله آشکارساز و L

فاصله پرده تا شکاف باشد مقدار شدت جمع شده چقدر است ؟ $\int_{-\infty}^{+\infty} I(y) dy$ ؟

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)

- ۱- صفر ۲- $I_0 \lambda L/d$
۳- $I_0 \lambda d/L$ ۴- $I_0 d L/\lambda$
۵- I_0

۱۰- شخصی می خواهد اشیا به فاصله جدایی یک متر از یکدیگر را که در فاصله ۱۰۰۰۰ متری

است تشخیص دهد طول موج نور 6000 \AA فرض کنید. مینیمم قطر عدسی دایروی مورد

نیاز چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد GRE)

- ۱- $2/9$ سانتی متر ۲- $1/4$ سانتی متر
۳- $0/7$ سانتی متر ۴- $0/3$ سانتی متر
۵- $0/1$ سانتی متر

۱۱- فاصله‌ای که چشم می‌تواند دو منبع نور شیاری به فاصله جدایی ۲ متر را از هم تمیز دهد چقدر است؟ هر گاه قطر مردمک چشم $D = 3 \text{ cm}$ و طول موج مربوط 6000 \AA باشد.

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)

۴- 16 km

۳- 12 km

۲- $8/2 \text{ km}$

۱- $4/1 \text{ km}$

۵- 2 km

۱۲- توری پراش عبوری تخت را در نظر بگیرید. d فاصله بین خطوط موازی، m مرتبه و θ

زاویه مشاهده است پاشندگی زاویه‌ای $\frac{d\theta}{d\lambda}$ را برای نور تابشی با طول موج λ بیابید؟

(کنکور کارشناسی ارشد GRE)

۴- $\tan \theta / \lambda$

۳- $\cos \theta / \lambda$

۲- $\cos \theta / \lambda$

۱- $\sin \theta / \lambda$

۵- $\sec \theta / \lambda$

۵-۷ پاسخهای تشریحی

$$a \sin \theta = m\lambda = (1)\lambda \Rightarrow \theta \approx \sin \theta = \frac{\lambda}{a} \quad (۴-۱)$$

برای اولین نوار مینیمم

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{\lambda} a \sin \theta = \pi$$

$$\theta \approx \frac{\lambda}{2a} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{\lambda} a \left(\frac{\lambda}{2a} \right) = \frac{\pi}{2}$$

اگر y در نیمه راه نوار min تا مرکز باشد.

$$I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 = I_0 \left(\frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}} \right)^2 = I_0 \left(\frac{2}{\pi} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{I_{\theta}}{I_0} = \frac{I(y)}{I_0} = \frac{4}{\pi^2}$$

$$x = 1 \text{ m} \quad \text{و} \quad \text{فاصله شخص تا دو شی} = 10000 \text{ m} \quad (۳-۲)$$

$$x = 10000 \quad \theta \Rightarrow \theta = 10^{-4} \text{ rad}$$

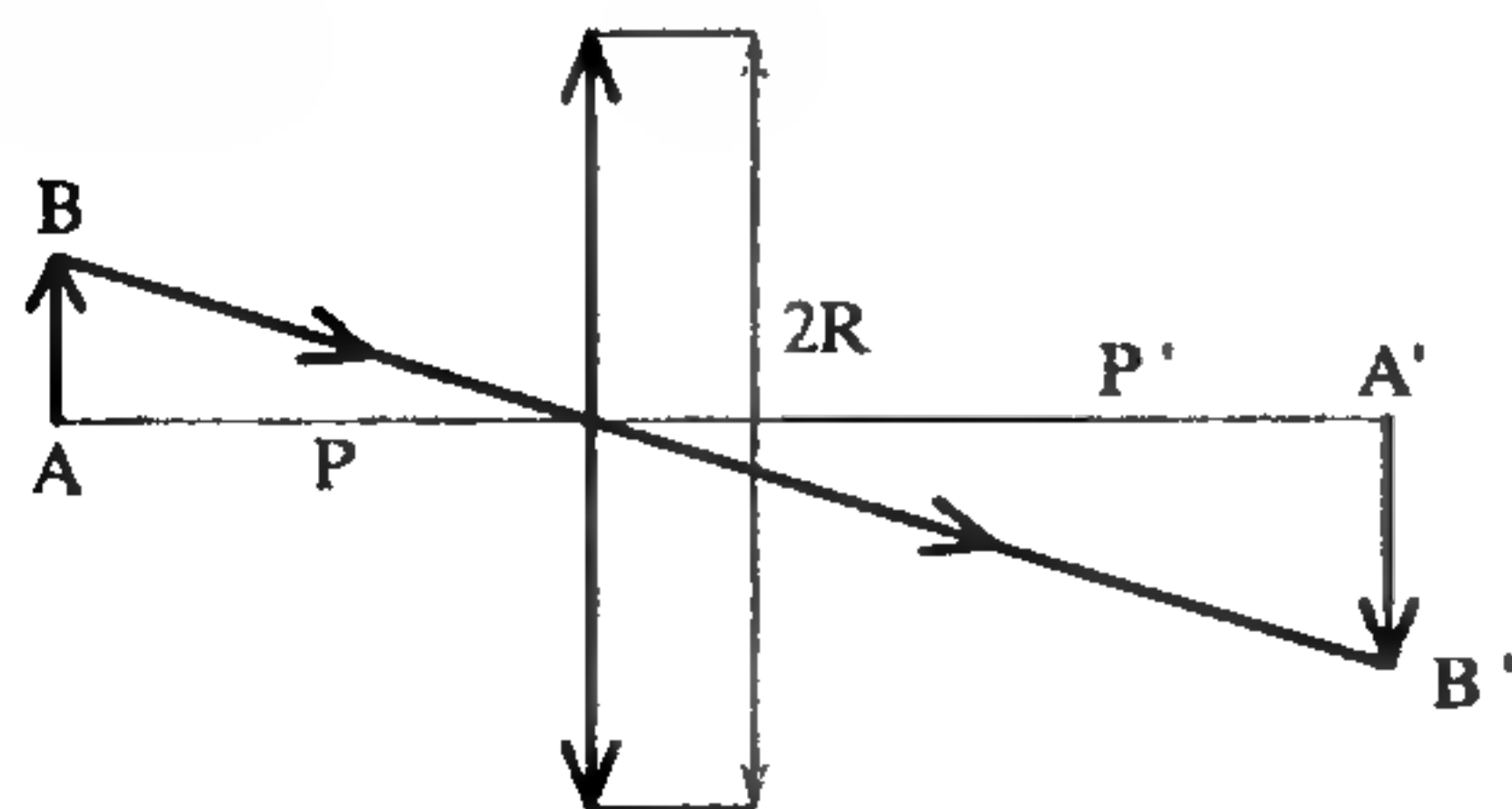
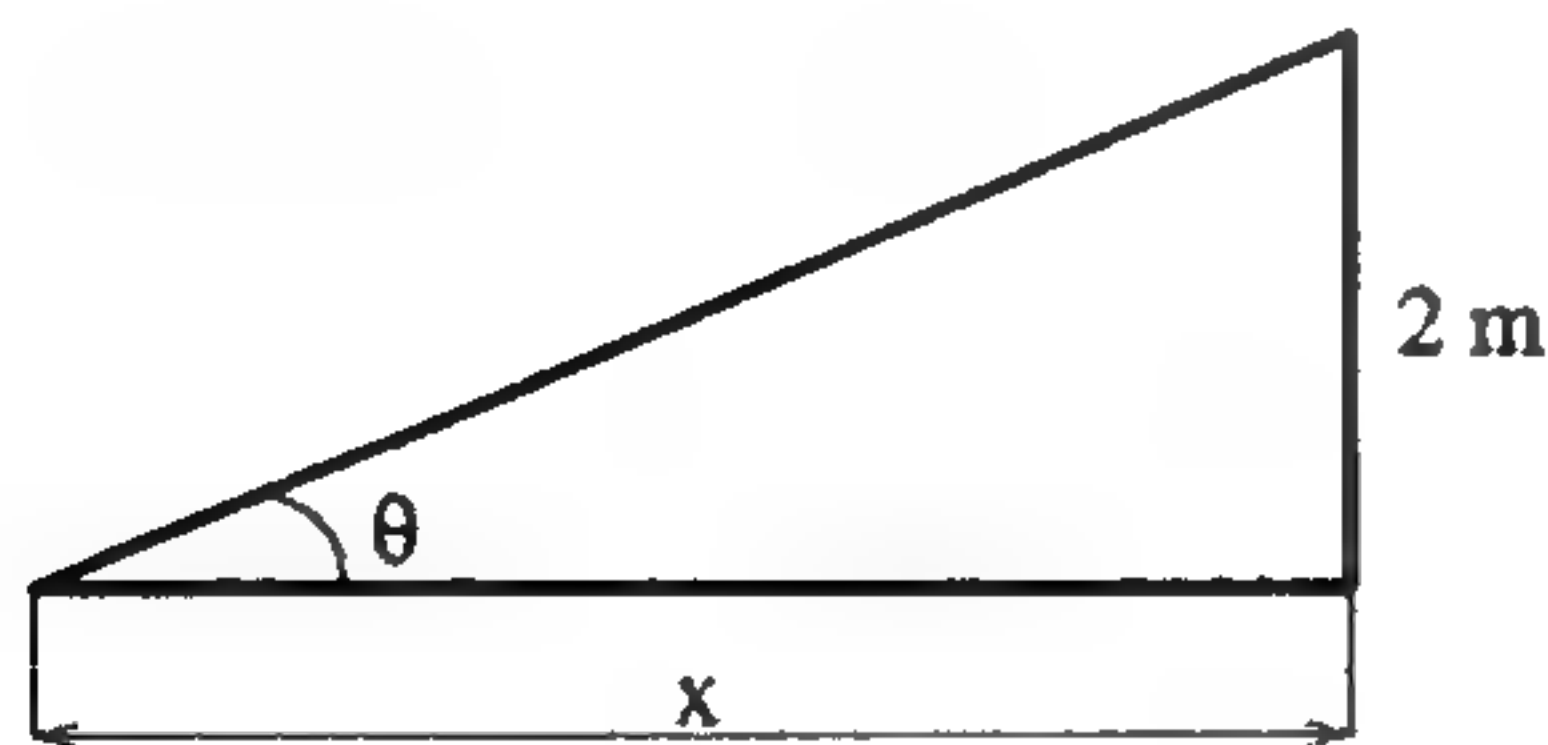
$$\theta = 1/22 \frac{\lambda}{d} \Rightarrow \text{قطر عدسی} = 1/22 \frac{\lambda}{\theta} = 1/22 \frac{6000 \times 10^{-10} \text{ m}}{10^{-4}}$$

$$= 7/32 \times 10^{-2} \text{ m} = 0/73 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 0/7 \text{ Cm}$$

$$\sin \theta \sim \theta = 1/22 \frac{\lambda}{d} \quad (۲-۳) \text{ شرایط جداسازی رایلی:}$$

$$\theta = 1/22 \times \frac{6000 \times 10^{-9} (\text{mm})}{3 (\text{mm})} = 2/44 \times 10^{-4} (\text{rad})$$

$$x \theta = 2 \text{ متر} \Rightarrow x = \frac{2}{2/44 \times 10^{-4}} = 8196/7 \text{ m} \sim 8/2 \text{ km}$$



$$AB = 1 \text{ m} \quad (۴-۴)$$

$$d = 10 \text{ km} = 10^4 \text{ m}$$

$$\lambda = 6000 \text{ Å}$$

$$AB = 1/22 \frac{\lambda}{R} \frac{P}{R} \Rightarrow 1 = 1/22 \times \frac{6000 \times 10^{-10} \times 10^4}{2R}$$

$$2R = 0/73 \text{ Cm}$$

$$\sin \theta \cong \theta = 1/22 \frac{\lambda}{d} \quad \text{و} \quad \frac{d}{D} = 2\theta = 2(1/22) \frac{\lambda}{d} \quad (۱-۵)$$

$$\Rightarrow d^2 = 2/44 \lambda D \Rightarrow d = \sqrt{2/44 \lambda D}$$

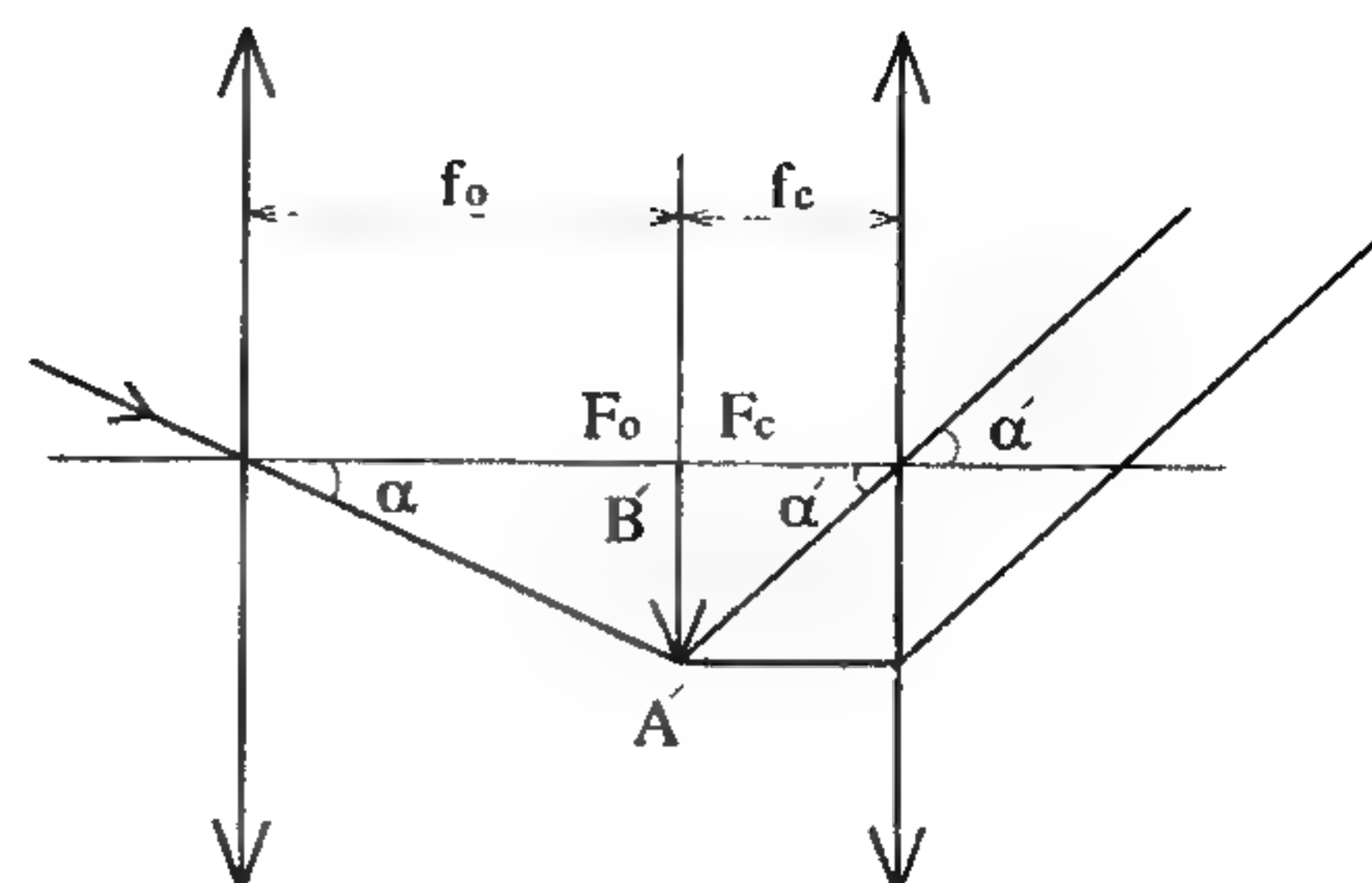
$$\alpha < 6^\circ \Rightarrow \tan \approx \alpha_{\text{rad}}$$

(۲-۶)

$$\frac{D}{180} = \frac{R}{3/14} \Rightarrow \frac{1}{180} = \frac{R}{3/14} \Rightarrow R = \frac{3/14}{360}$$

$$\alpha \approx \tan \alpha = \frac{A'B'}{f_o} \Rightarrow A'B' = \alpha f_o = \frac{3/14}{360} \times 17/4$$

$$A'B' \approx 15/18 \text{ Cm}$$



$$d' \sin \theta = m \lambda$$

 (۴-۷) با مشتق از رابطه پراش (d' فاصله میان شکافها)

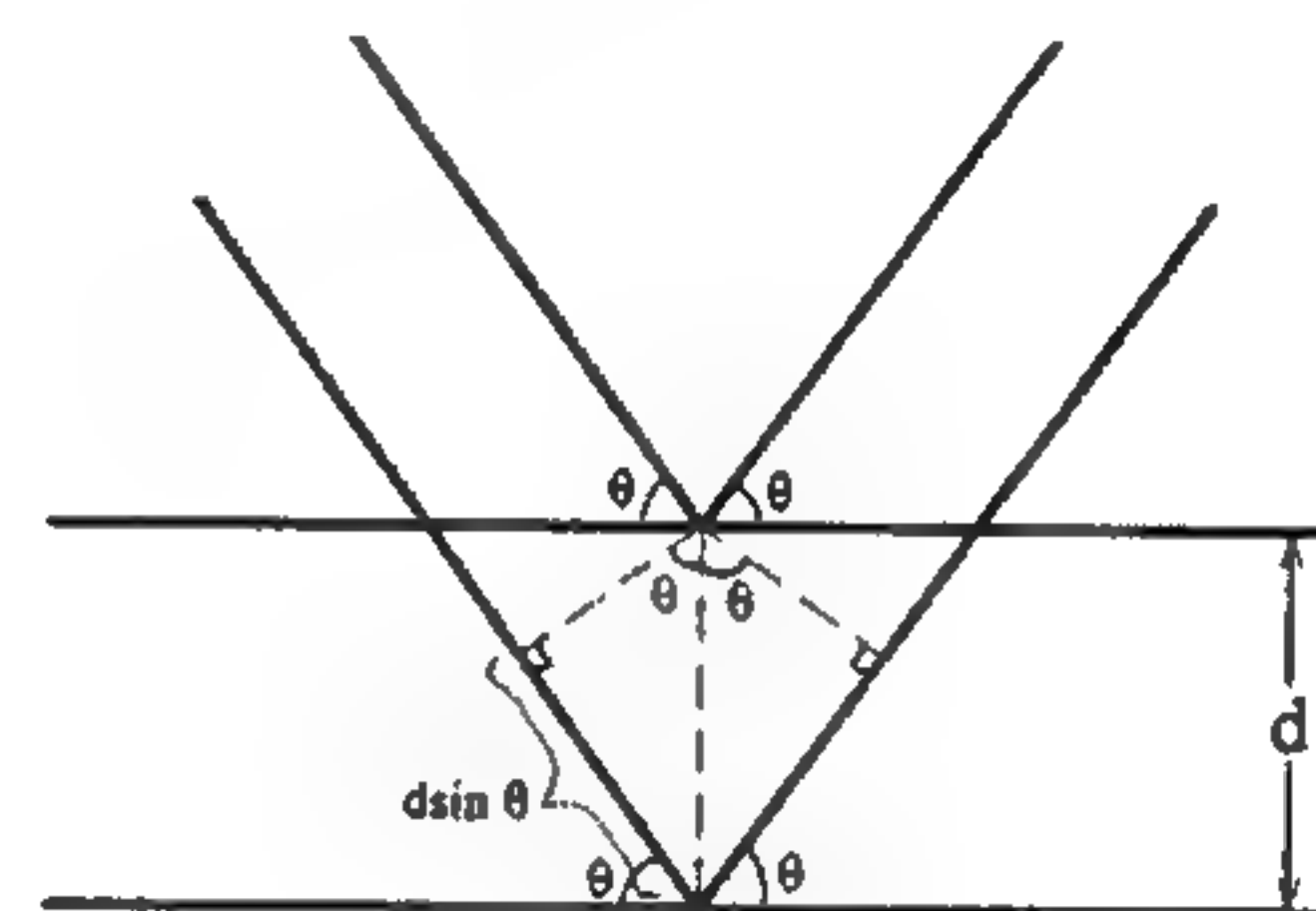
$$d' \cos \theta d\theta = m d\lambda \Rightarrow \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d' \cos \theta}, \frac{m}{d'} = \frac{\sin \theta}{\lambda} \Rightarrow \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{\sin \theta}{\lambda \cos \theta} = \frac{\tan \theta}{\lambda}$$

(۱-۸) معادله براگ برای ماکزیممها در طرح پراش برابر است با:

$$m \lambda = 2 d \sin \theta$$

$$\theta = 30^\circ \text{ و } m = 1 \text{ و } d = 3 \text{ A}^\circ$$

$$\lambda = 2 \times 3 \times \frac{1}{2} = 3 \text{ A}^\circ$$



$$I = I_0 \sin^2 \left(\frac{\pi d}{\lambda L} y \right) / \left(\frac{\pi d}{\lambda L} y \right)^2$$

(۲-۹)

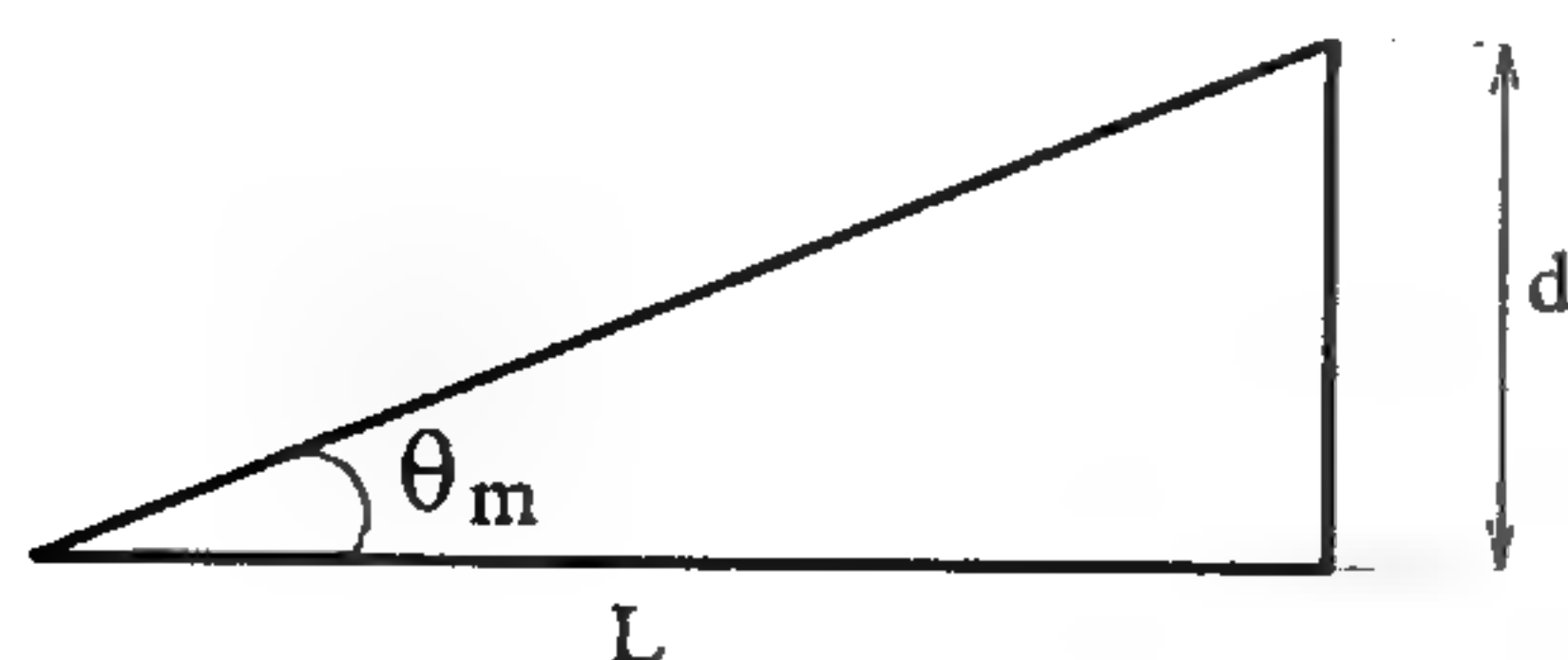
$$\int_{-\infty}^{+\infty} I dy = 2 \int_0^{\infty} I dy \quad \frac{\pi d}{\lambda L} y = x$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} I dy = 2 I_0 \int_0^{\infty} \left(\sin^2(x) / x^2 \right) dx \quad \frac{\lambda L}{\pi d} = (2 I_0 \lambda L / \pi d) (\pi/2) = I_0 \lambda L / d$$

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \int_0^{\infty} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx = \frac{\pi}{2}$$

لازم است بدانیم:

$$\theta_m = \frac{d}{L} = 1/22 \frac{\lambda}{d} \quad (3-10)$$

 از تعریف رادیان برداشت می شود که $d = L \theta_m$


$$d = 1 \text{ m} \text{ و } L = 10000 \text{ m}$$

$$D = 1/22 \lambda / \theta_m = 0/73 \text{ Cm}$$

$$\theta_m = 10^{-4} \text{ rad} \text{ و } \lambda = 6000 \text{ A}^\circ$$

$$\theta_m = 1/22 \frac{\lambda}{d} \quad (11-2) \text{ اگر } \lambda \text{ طول موج و } D \text{ قطر لنز (عدسی) باشد.}$$

$$\lambda = 6000 \text{ Å} \quad D = 3 \text{ mm}$$

$$\theta_m = 1/22 \frac{6000 \times 10^{-10}}{3 \times 10^{-3}} = 2/44 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\theta_m = d/L \quad L = d/\theta_m = 2 / (2/44 \times 10^{-4}) = 8/2 \times 10^3 \text{ m} = 8/2 \text{ km}$$

(12-4) برای یک توری پراش عبوری تخت شرط ماکزیمم (تداخل سازنده) چنین است :

$$d' \sin \theta = m \lambda$$

$$d' \cos \theta d\theta = m d\lambda \quad \dots \text{ و } 3 \text{ و } 2 \text{ و } 1 \text{ و } 0 \text{ و } m \text{ مرتبه طیف را می دهد.}$$

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d' \cos \theta}$$

$$\frac{m}{d'} = \frac{\sin \theta}{\lambda} \Rightarrow \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{1}{\lambda} \tan \theta \quad \text{پراکندگی زاویه ای}$$

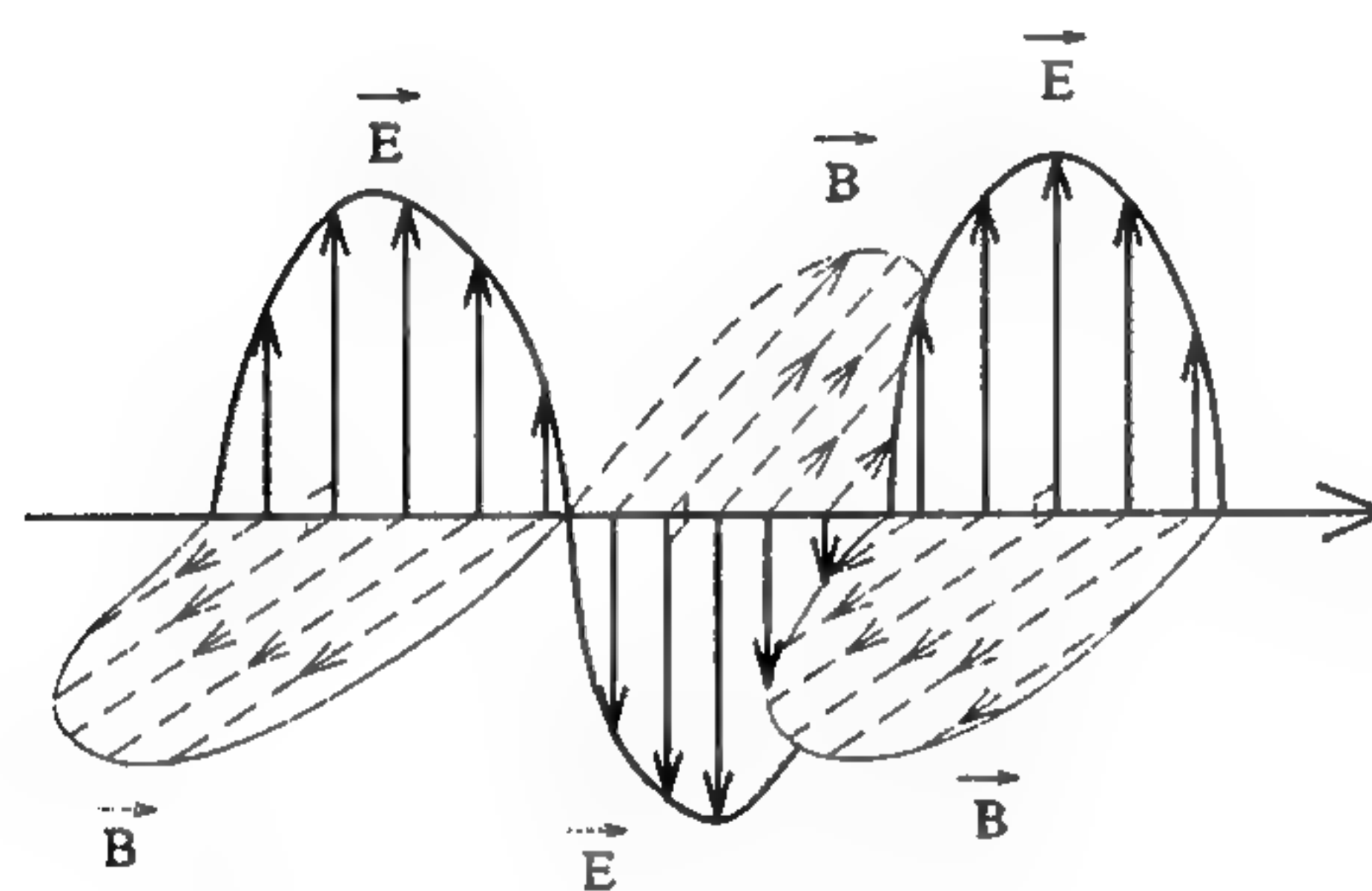
برای آن که فاصله خطوط موازی با دیفرانسیل اشتباه نشود آن را با d' نمایش دادیم.

فصل ششم

قطبش

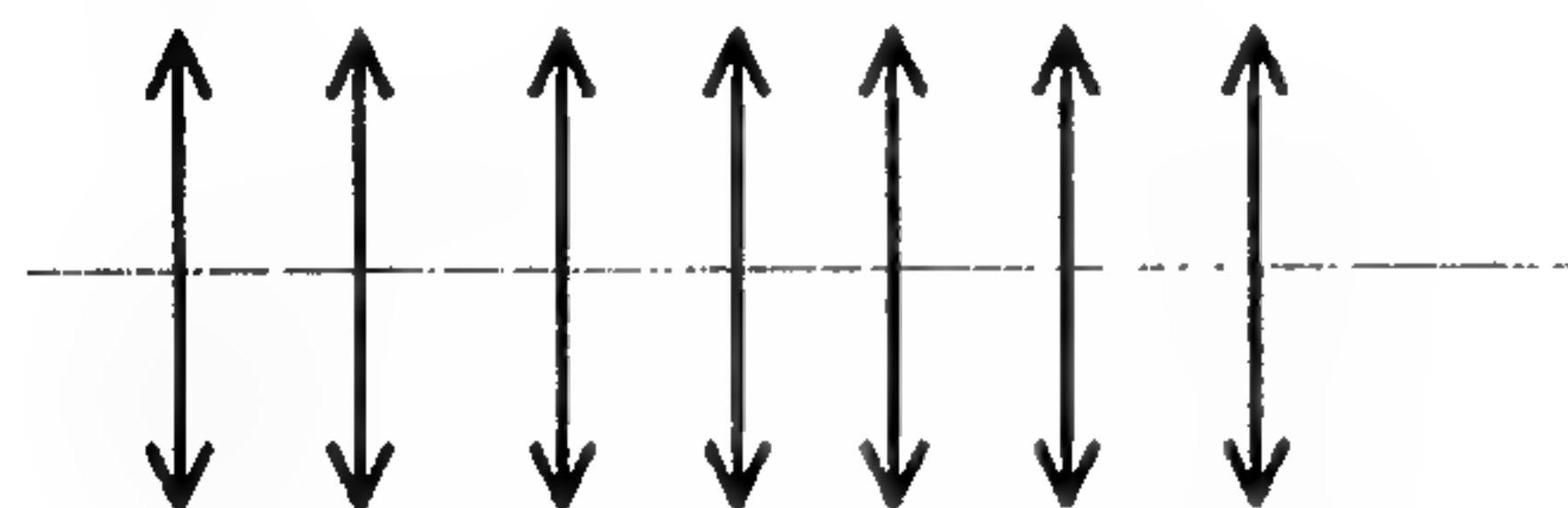
۱- ۶ قطبش

می‌دانیم که موج الکترومغناطیس عرضی است، به عبارتی راستای ارتعاش \vec{E} و \vec{B} عمود بر جهت انتشار موج است. حال اگر راستای ارتعاشات بردار \vec{E} در تمام نقاط موازی یکدیگر باشند که تشکیل صفحه‌ای به نام صفحه ارتعاش می‌دهند. موج قطبیده خطی است :



موج قطبیده خطی

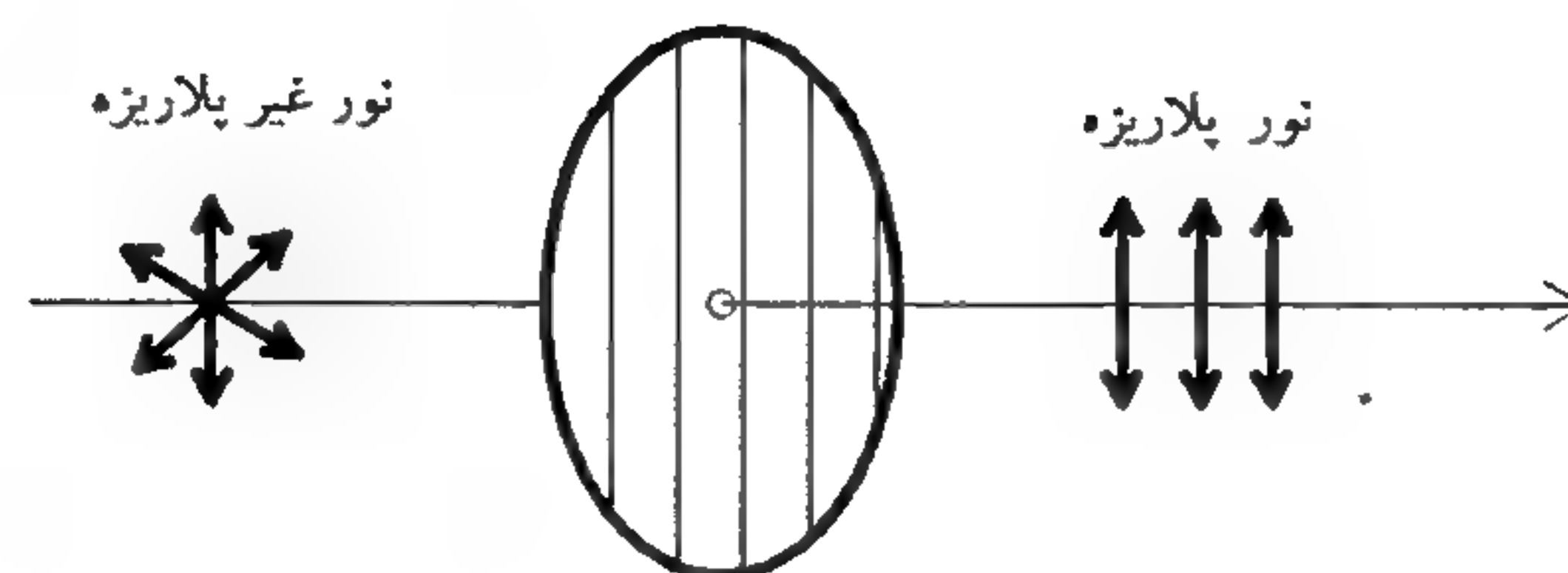
که به صورت روبه‌رو نمایش می‌دهیم :



✳ نکته : عرضی بودن نور را نمی‌توان با استفاده از تداخل و پراش نشان داد. اما با استفاده از خصوصیت نور قطبیده می‌توان عرضی بودن نور را نشان داد. اگر نور را به بلور کلسیت بتابانیم، دو باریکه مجزا تولید می‌شود ولی از تداخل این دو موج که همدوس نیز هستند، نوارهای تداخلی ایجاد نمی‌شود چرا که صفحه‌های ارتعاشات دو باریکه بر هم عمودند.

۲-۶ ورقه‌های قطبی‌کننده

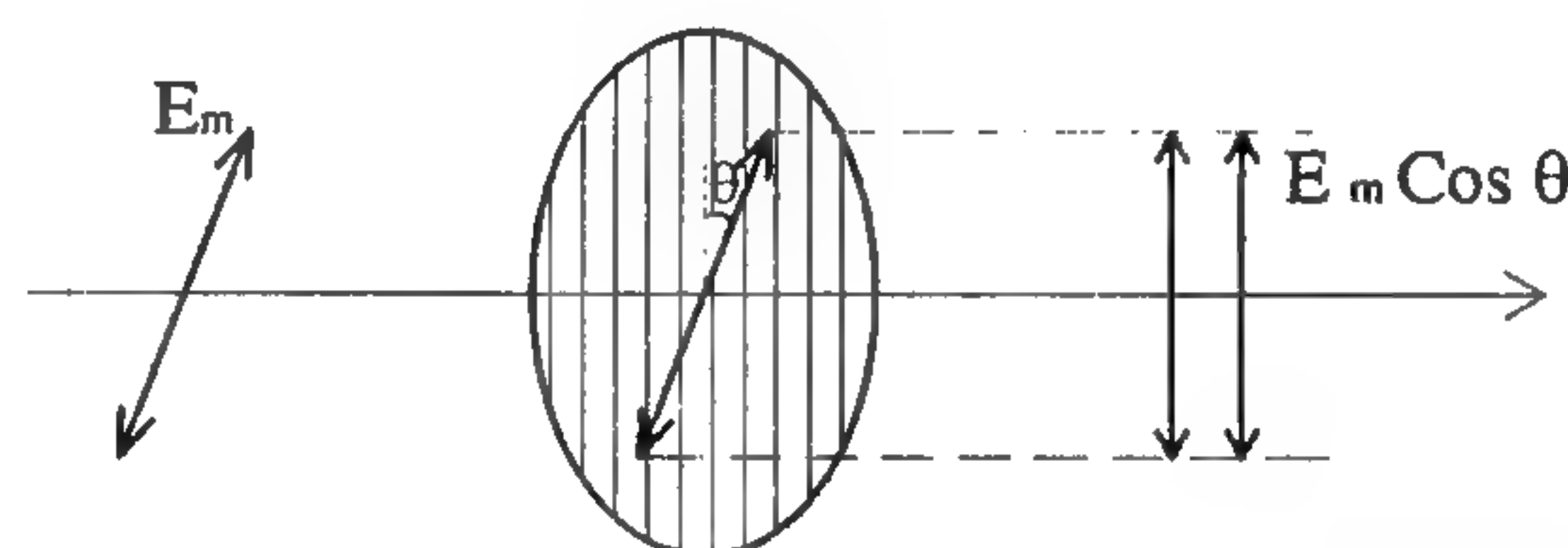
در ورقه‌های قطبی‌کننده (پلاروید) برای قطبش راستای خاصی داریم، این ورقه‌ها فقط قطار موجهایی را از خود عبور می‌دهند که بردارهای الکتریکی آنها موازی با این راستای خاص هستند.



اگر دامنه نور خطی پلاریزه‌ای که به صفحه پلاروید می‌خورد E_m باشد و بردار \vec{E} با راستای قطبش صفحه پلاروید زاویه θ بسازد. برای نور خروجی از صفحه پلاروید داریم:

$$E = E_m \cos \theta$$

$$I = I_m \cos^2 \theta \quad \text{قانون مالوس}$$



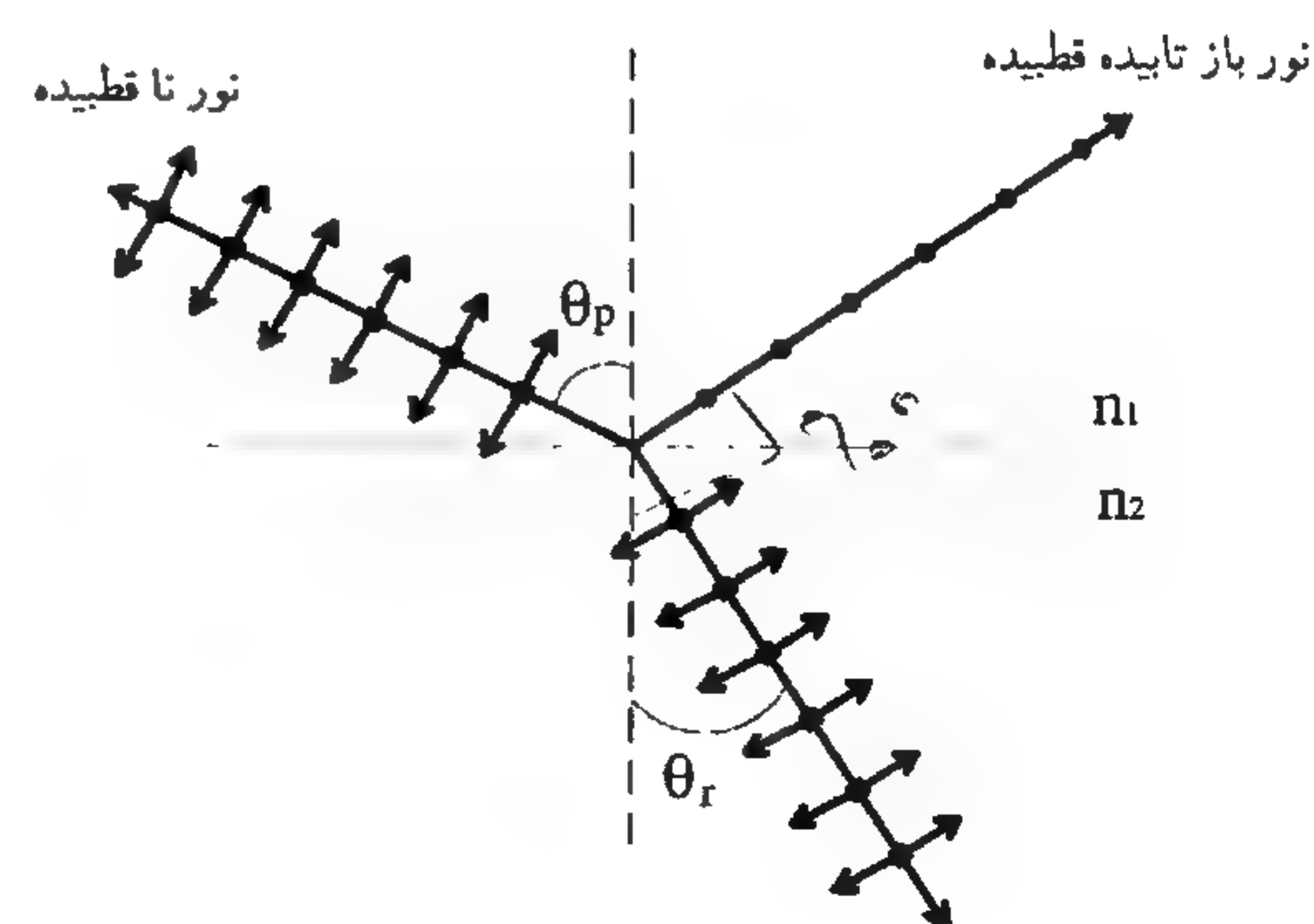
۳-۶ قطبیدگی در اثر بازتاب

مالوس کشف کرد که نور در اثر بازتابش ممکن است به طور نسبی یا به طور کامل قطبیده شود. به ازای یک زاویه خاص تابش θ_p ، نور بازتابیده کاملاً قطبیده می‌شود و فقط بخشی از نور عبوری قطبیده می‌شود. در این حالت پرتو بازتابیده بر پرتو شکست عمود است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌کنید صفحه ارتعاش نور بازتابیده خطی قطبیده عمود بر صفحه شکل است.

$$\begin{cases} \theta_p + \theta_r = 90^\circ \\ n_1 \sin \theta_p = n_2 \sin \theta_r = n_2 \sin (90^\circ - \theta_p) \end{cases}$$

$$\Rightarrow n_1 \sin \theta_p = n_2 \cos \theta_p$$

$$\Rightarrow \tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \theta_p = \tan^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$



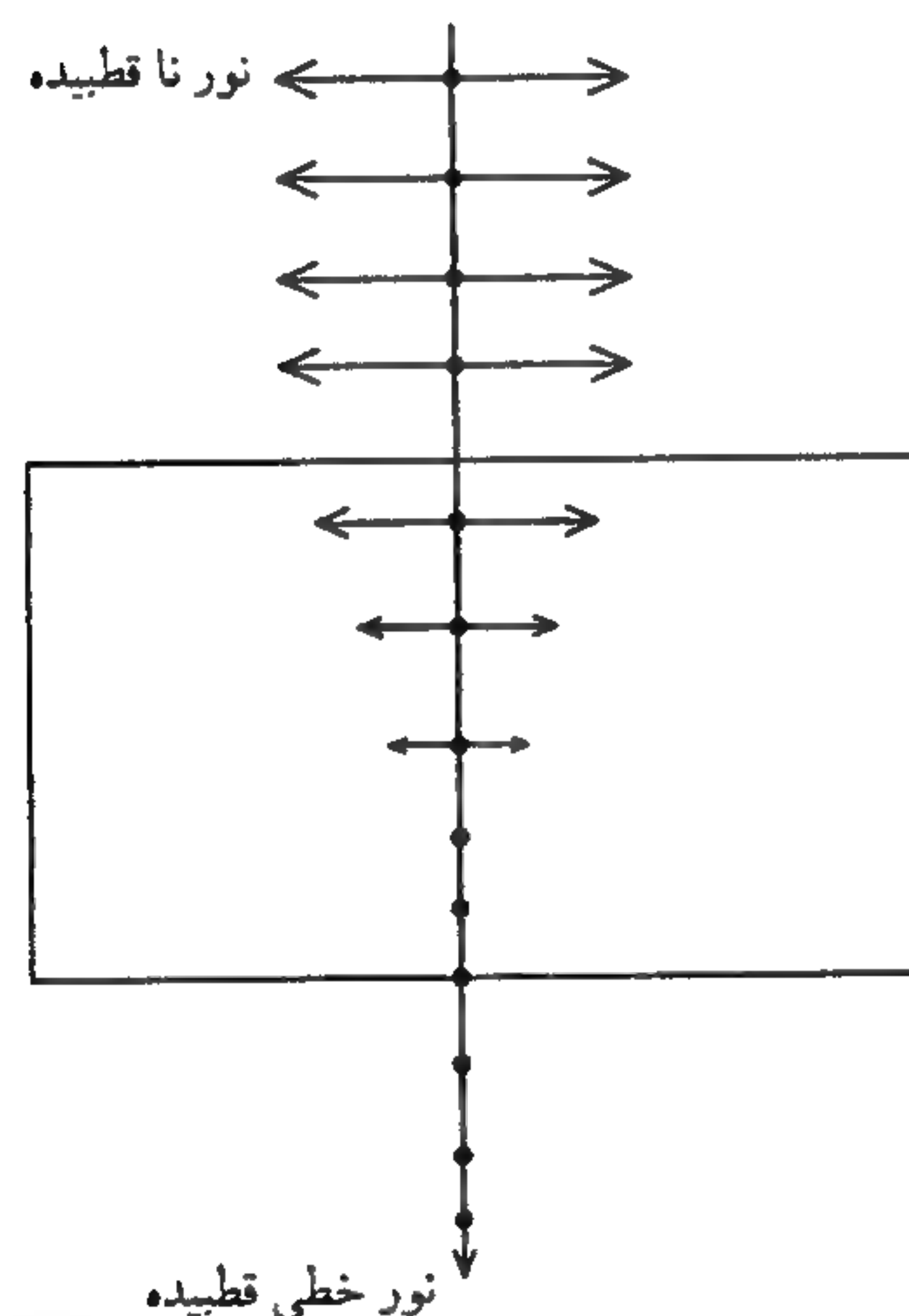
۴-۶ شکست دوگانه و بلورهای دو رنگی

برخی از جامدات بلوری از لحاظ اپتیکی ناهمسانگردند، به عبارتی سرعت نور و در نتیجه ضریب شکست از جهت انتشار نور و نوع قطبیدگی نور مستقل نیستند. به عنوان مثال اگر باریکه نور ناقطبیده عمود بر یکی از وجوه بلور کلسیت به آن بتابد، این باریکه در سطح بلور به دو باریکه تبدیل می‌شود هر دو باریکه خطی قطبیده‌اند ولی صفحه‌های ارتعاش آن دو بر هم عمودند. یکی از باریکه‌ها (o) عادی بوده و از قانون شکست اسنل پیروی می‌کند ولی باریکه دوم (e) غیر عادی بوده و از قانون اسنل پیروی نمی‌کند:

۱- موج عادی o در تمام جهات با سرعت یکسان v_o حرکت کرده و به عبارتی مانند جامد همسانگرد فقط دارای ضریب شکست عادی n_o هستیم.

۲- موج e در بلور با سرعتی حرکت می‌کند که با توجه به جهت حرکت از v_o تا v_e تغییر می‌کند و در نتیجه ضریب شکست بسته به راستای حرکت از n_o تا n_e تغییر می‌کند.

بعضی از بلورها خاصیتی به نام دورنگی دارند. در این بلورها یکی از مؤلفه‌های قطبیدگی به شدت جذب شده و مؤلفه دیگر با اتلاف کمی عبور می‌کند. برای ساخت ورقه‌های پولاروید از این پدیده استفاده می‌شود.



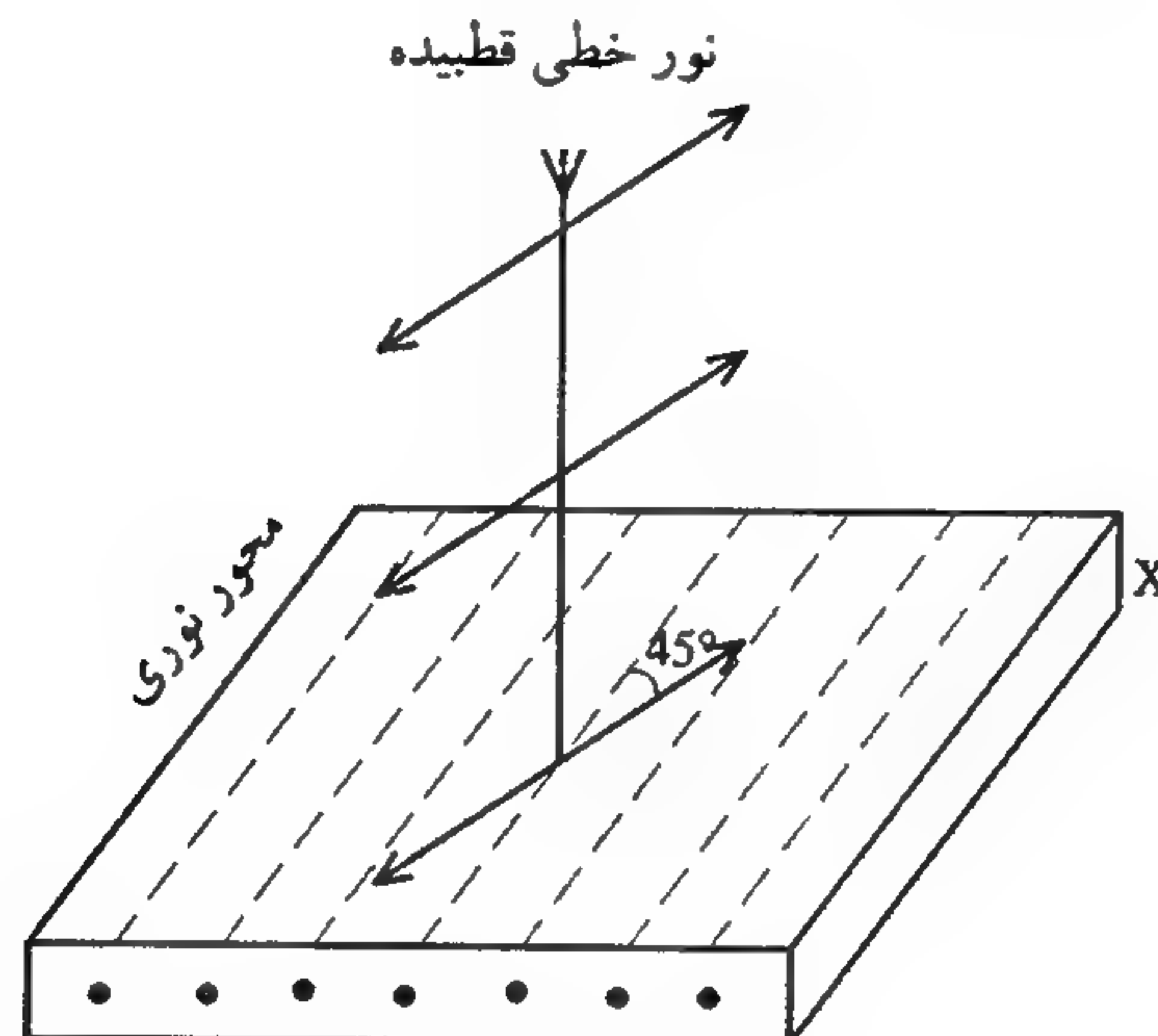
جهت خاصی به نام محور نوری در بلورهای دو شکستی وجود دارد که اگر نور در آن جهت به بلور بتابد باریکه‌ای که از بلور خارج می‌شود همان قطبیدگی باریکه فرودی را دارد و نمی‌توان امواج e و o را از یکدیگر متمایز کرد.

۵-۶ قطبش دایره‌ای

در صورتی که نور خطی - قطبیده با فرکانس زاویه‌ای ω به صورت عمودی به تیغه‌ای از کلسیت بتابد که محور نوری آن موازی با وجه آن است همان گونه که قبلاً دیدیم دو موجی که خارج می‌شوند

خطی قطبیده عمود بر هم هستند، در صورتی که صفحه ارتعاش با محور نوری زاویه 45° بسازد دامنه دو موج خروجی با هم مساوی هستند ولی برای موج عادی سرعت حرکت کمتر از موج غیرعادی است (در بلور کلسیت) و هنگامی که دو موج از بلور خارج می‌شوند دارای اختلاف فاز ϕ هستند.

با انتخاب مناسب ضخامت بلور می‌توان $\phi = 90^\circ$ را داشت (تیفه ربع موج). در این حالت نور خروجی دایره‌ای قطبیده است. به عبارتی دو موج خروجی خطی قطبیده را که بر یکدیگر عمودند و اختلاف فازشان 90° است را می‌توان تصاویر برداری دانست که حول راستای انتشار با فرکانس زاویه‌ای ω دوران می‌کند.



اگر x ضخامت تیغه باشد :

$$N_e = \frac{x}{\lambda_e} = \frac{x}{\left(\frac{\lambda}{n_e}\right)} = \frac{xn_e}{\lambda}$$

$$N_o = \frac{x}{\lambda_o} = \frac{xn_o}{\lambda}$$

$$N_e - N_o = \frac{x}{\lambda}(n_e - n_o)$$

بنابراین اختلاف فاز این دو موج خروجی عبارت است از :

$$\phi = 2\pi(N_e - N_o) = \frac{2\pi x}{\lambda}(n_e - n_o)$$

به عنوان مثال اگر بخواهیم $\phi = 90^\circ$ باشد :

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi x}{\lambda}(n_e - n_o) \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{x}{\lambda}(n_e - n_o)$$

۶-۶ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- مخلوطی از نور طبیعی و نور پلاریزه خطی را به یک پلاروید می‌تابانیم. اگر پلاروید را حول راستای انتشار نور دوران دهیم، نور خارج شده از پلاروید :

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۶)

۱- پلاریزه خطی بوده شدت آن کم و زیاد می‌شود.

۲- پلاریزه خطی بوده شدت آن نصف شدت نور ورودی است.

۳- پلاریزه خطی بوده شدت آن ثابت می‌ماند.

۴- مخلوطی از نور طبیعی و پلاریزه خطی بوده شدت آن کم و زیاد می‌شود.

۲- نور طبیعی به مجموعه‌ای از دو پلاروید می‌تابد که نسبت به هم به طور متقاطع قرار گرفته‌اند در نتیجه :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- نور خارج شده از دستگاه پلاریزه کامل خواهد بود زیرا هر یک از دو پلاروید در پلاریزه کردن نور سهمیم است.

۲- نور خارج شده از دستگاه پلاریزه بوده شدت آن $\frac{1}{4}$ شدت نور ورودی است.

۳- هیچ نوری از این دستگاه خارج نمی‌شود زیرا هر یک از دو پلاروید به ترتیب نصف شدت انرژی نور را جذب می‌کنند.

۴- هیچ نوری از دستگاه خارج نمی‌شود زیرا بر طبق قانون برستر دو پلاروید مجموعاً یک جسم کدر را به وجود می‌آورند.

۳- اگر محورهای دو صفحه پلاریزور با هم زاویه 30° داشته باشند شدت نور خروجی چه کسری از شدت نور ورودی است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

$$۲- \frac{3}{4}$$

$$۱- \frac{3}{8}$$

$$۴- \frac{1}{3}$$

$$۳- \frac{1}{4}$$

۴- دو ورقه پلاروید طوری قرار دارند که محورهایشان با هم موازی است. یکی از ورقه‌ها را به اندازه 60° می‌چرخانیم. نسبت شدت نور عبوری در حالت اول به شدت نور عبوری در

حالت دوم چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۸۱)

$$۲- 4$$

$$۱- \frac{1}{4}$$

$$۴- \frac{3}{4}$$

$$۳- \frac{4}{3}$$

۵- سه پولاروید به طور موازی پشت سر هم قرار دارند. محورهای انتقال (محورهای تراگسبیل) پولارویدهای اول و سوم بر هم عمودند. نور طبیعی به شدت ϵ به پولاروید اول می‌تابد و با شدت $\epsilon \frac{5}{72}$ از پولاروید سوم خارج می‌شود. زاویه بین محورهای انتقال پولاروید اول و دوم مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد عمران ۷۷ و ۷۸)

$$1- \text{Arccos} \frac{\sqrt{5}}{6} \quad 2- \text{Arccos} \frac{5}{6} \quad 3- \text{Arccos} \frac{1}{6} \quad 4- \text{Arccos} \frac{1}{\sqrt{6}}$$

۶- چهار پولاروید به طور موازی در کنار هم قرار گرفته‌اند به طوری که محور هر پولاروید با محور پولاروید مجاور آن زاویه 30° می‌سازد. نور طبیعی به شدت I بر این مجموعه می‌تابد. شدت نور خارج شده از این مجموعه مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

$$1- \frac{9}{32} I \quad 2- \frac{27}{128} I \quad 3- \frac{27}{64} I \quad 4- \frac{9}{16} I$$

۷- یک شعاع نور در هوا تحت زاویه i بر سطح یک شیشه مسطح به ضریب شکست n برخورد کرده منعکس می‌شود. شعاع بازتابیده کاملاً پولاریزه است، در نتیجه شعاع و شعاع شکست بر هم عمودند و

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)

$$1- \text{بازتابش} - \tan i = n \quad 2- \text{تابش} - \tan i = n$$

$$3- \text{تابش} - \cot g i = n \quad 4- \text{بازتابش} - \cot g i = n$$

۸- یک شعاع نور تحت زاویه بروستر (i_b) بر سطح آب به ضریب شکست n می‌تابد. شعاع نور بازتابیده از سطح آب :

$$1- \text{پولاریزه ناقص است و } \sin i_b = n$$

$$2- \text{پولاریزه ناقص است و } \tan i_b = n$$

$$3- \text{پولاریزه کامل است و } \sin i_b = n$$

$$4- \text{پولاریزه کامل است و } \tan i_b = n$$

۹- یک تیغه شیشه‌ای با ضریب شکست $1/5$ را به عنوان پولاریزور به کار می‌بریم زاویه قطبیدگی کامل چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

$$1- 49/1 \text{ درجه} \quad 2- 35/3 \text{ درجه}$$

$$3- 26/1 \text{ درجه} \quad 4- 56/4 \text{ درجه}$$

۱۰- زاویه تابش نور آفتاب چند درجه بالای سطح باشد تا نور زرد موجود در آن که به سطح آب برخورد کند کاملاً قطبی منعکس شود. ضریب شکست آب برای نور زرد $\frac{4}{3}$ می باشد ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{4}{3}$ می باشد.

۲- متمم زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{4}{3}$ می باشد.

۳- مکمل زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{4}{3}$ می باشد.

۴- $\frac{\pi}{3}$ به اضافه زاویه‌ای که تانژانت آن $\frac{4}{3}$ می باشد.

۱۱- در مقابل شعاع نور بازتابیده از سطح آب، پولارویدی را قرار داده آن را حول راستای شعاع نور می چرخانیم شدت نور خارج شده از پولاروید کم و زیاد می شود اما هیچ وقت به صفر نمی رسد زیرا بر طبق قانون :
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

۱- بروستر، شعاع بازتابیده پولاریزه نیست.

۲- بروستر، شعاع بازتابیده کاملاً پولاریزه شده است.

۳- مالوس، شعاع بازتابیده به طور جزئی پولاریزه شده است.

۴- مالوس، شعاع بازتابیده به طور کامل پولاریزه شده است.

۶-۷ پاسخهای تشریحی

۱-۱) نور طبیعی پس از عبور از پولاروید، به صورت نور پولاریزه خطی خارج می‌شود که شدت آن نصف شدت نور ورودی است ولی چون نور پولاریزه نیز همراه نور طبیعی به پولاروید تابیده شده است با توجه به رابطه $I = I_0 \cos^2 \theta$ با چرخش پولاروید، شدت نور خروجی نور پولاریزه اولیه، بسته به آن که چه زاویه‌ای با محور پولاروید می‌سازد تغییر می‌کند پس در کل نور خروجی نهایی پولاریزه خطی بوده و شدت آن کم و زیاد می‌شود.

۱-۲) اگر محورهای دو پولاروید با هم زاویه θ بسازند و شدت نور تابیده به پولاروید اول I_0 باشد $I_1 = \left(\frac{1}{2}\right) I_0$ به صورت نور پولاریزه به پولاروید دوم تابیده و نور خروجی $I_1 \cos^2 \theta$ خواهد بود.

$$I_0 = \text{شدت نور ورودی} \quad I' = I \cos^2 \theta = I (\cos 30^\circ)^2 = \frac{3}{4} I \quad (1-3)$$

$$I = \frac{1}{2} I_0 \quad (I = \text{شدت نور قطبی شده})$$

$$I' = \text{شدت نور عبور از آنالیزور} \quad (I_0 = \text{شدت نور قطبی نشده})$$

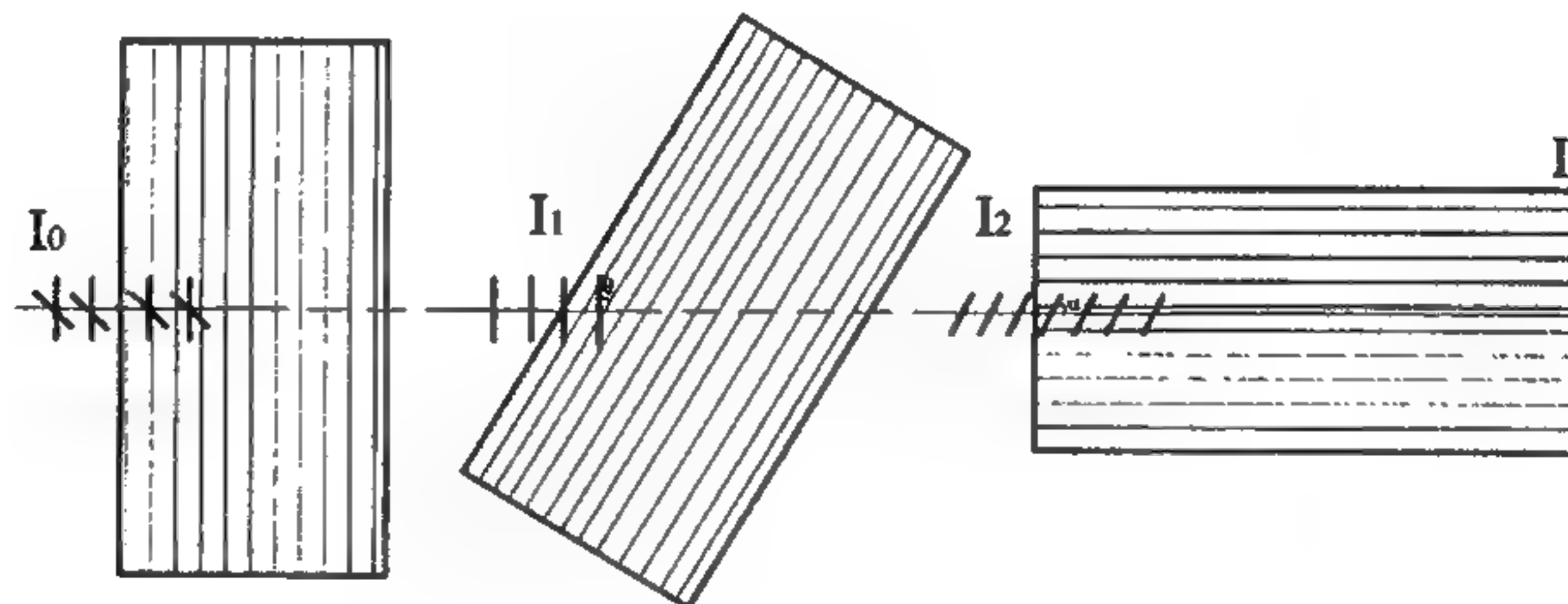
به طور متوسط فقط نیمی از قطارهای موج از قطبی‌کننده عبور می‌کنند.

$$I' = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} I_0 = \frac{3}{8} I_0 \Rightarrow \frac{I'}{I_0} = \frac{3}{8}$$

$$I = I_0 \cos^2 60^\circ = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{I_0}{4} \quad \frac{I_0}{I} = 4$$

۲-۴

(۵-۲)



$$I_0 = 40 \Rightarrow I_1 = 40 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} 40 = 20$$

$$I_r = I_1 \cos^2 \theta, \quad \alpha = \frac{\pi}{2} - \theta \Rightarrow \cos \alpha = \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) = \sin \theta$$

$$I_r = I_r \cos^2 \alpha = I_r \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) = I_r \sin^2 \theta = I_1 \cos^2 \theta \sin^2 \theta$$

$$\Rightarrow \frac{5}{72} 40 = 20 \left[\frac{1}{4} \sin^2 2\theta \right] \Rightarrow \sin^2 2\theta = \frac{40}{72} = \frac{5}{9}$$

$$\cos^2 2\theta = 1 - \frac{5}{9} = \frac{4}{9} \Rightarrow \cos 2\theta = \frac{2}{3}$$

$$\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2} = \frac{1 + \frac{2}{3}}{2} = \frac{5}{6} \Rightarrow \cos \theta = \sqrt{\frac{5}{6}}$$

$$\Rightarrow \theta = \cos^{-1} \sqrt{\frac{5}{6}}$$

۶-۲) برای نور عبوری از پولاروید اول چون نور تابیده معمولی است ($\cos^2 \theta = \frac{1}{2}$) داریم $I_1 = \left(\frac{1}{2}\right) I_0$ و برای نور عبوری از پولاروید دوم $I_1 \cos^2 30^\circ$ و به همین ترتیب نور از پولاروید سوم و چهارم عبور می‌کند.

$$I = \left((I_1 \cos^2 30^\circ) \cos^2 30^\circ \right) \cos^2 30^\circ = \frac{1}{2} I_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 = \frac{27}{128} I_0$$

۷-۳)

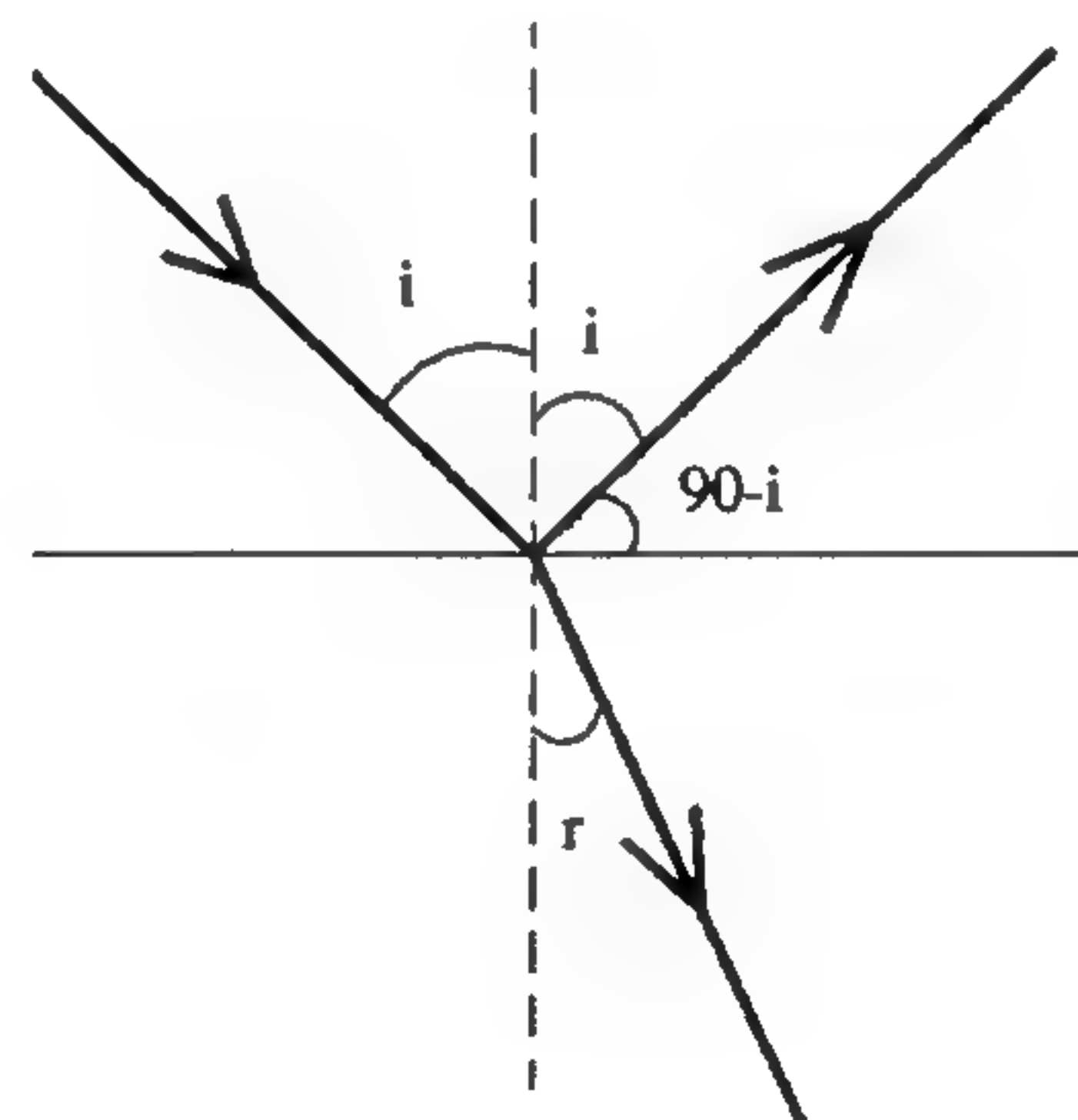
۸-۴)

۹-۴) به دلیل اینکه نور کاملاً قطبیده شود باید پرتو شکست و انعکاس بر هم عمود باشند.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \quad \text{و} \quad i + r = 90^\circ$$

$$n = \frac{\sin i}{\sin(90^\circ - i)} = \frac{\sin i}{\cos i} = \tan i$$

$$1/5 = \tan i \Rightarrow i = 56/4^\circ$$



۱۰-۲)

$$\tan i = \frac{4}{3}$$

$$\alpha = 90^\circ - i$$



۱۱-۱) اگر تمام نور بازتابیده پولاریزه بود هنگامی که محور صفحه پولاروید عمود بر صفحه پولاریزاسیون نور می‌شد. شدت نور خروجی صفر می‌گردید.

فهرست انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران (مجتمع فنی تهران)

فهرست کتابهای ویژه آزمونهای کاردانی پیوسته، کاردانی به کارشناسی ، کارشناسی ارشد و دکتری (Ph.D)

دانشگاههای آزاد و دولتی

کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد	مؤلف / مترجم
۱ کتابداری و اطلاع رسانی	اصغر بختیارزاده
۲ علوم ساسی و روابط بین الملل	ابراهیم رستمی فر
۳ ادبیات فارسی(باتجدید نظر)	واحد تحقیقات و انتشارات
۴ معارف اسلامی (باتجدید نظر)	حسن نمازی
۵ زبان انگلیسی (با تجدید نظر)	واحد تحقیقات و انتشارات
۶ ریاضی (با تجدید نظر)	مهندس سعید سعادت
۷ حل تشریحی مسائل ریاضی	مهندس سعید سعادت
۸ پرستشهای چهارگزینه‌ای ریاضی (باتجدید نظر)	مهندس سعید سعادت
۹ پاسخ پرسشهای چهارگزینه‌ای ریاضی	مهندس سعید سعادت
۱۰ فیزیک	واحد تحقیقات و انتشارات
۱۱ شیمی	واحد تحقیقات و انتشارات
۱۲ بیوشیمی	واحد تحقیقات و انتشارات
۱۳ فزیولوژی	واحد تحقیقات و انتشارات
۱۴ الکترومغناطیس	امیری - مصلاهی پور
۱۵ مکانیک کوانتومی	امیری - مصلاهی پور
۱۶ مکانیک تحلیلی	امیری - مصلاهی پور
۱۷ فزیک GRE	امیری - مصلاهی پور
۱۸ زیست سلولی	مریم خالصی
۱۹ زیست مولکولی	مریم خالصی
۲۰ زبان تخصصی پزشکی (جلد اول)	واحد تحقیقات و انتشارات
۲۱ زبان تخصصی پزشکی (جلد دوم)	واحد تحقیقات و انتشارات
۲۲ فیزیولوژی انسانی	شهرزاد خاکپور
۲۳ ایمنی شناسی تخصصی	دکتر فرخ السادات شریعتی
۲۴ میکروب شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۲۵ قارح شناسی پزشکی	پروانه عدیمی
۲۶ انگل شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۲۷ ویروس شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۲۸ بافت شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۲۹ خون شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۳۰ ایمی شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۳۱ اپیدمیولوژی	واحد تحقیقات و انتشارات
۳۲ حشره شناسی پزشکی و مارزله با ناقلین	دکتر حمید بلقیس زاده
۳۳ زیست شناسی عمومی	مریم خالصی
۳۴ آنوممی	واحد تحقیقات و انتشارات
۳۵ میکروبیولوژی محیط زیست (جلد اول)	دکتر یغمائیان و دکتر خانی
۳۶ میکروبیولوژی محیط زیست (جلد دوم)	دکتر یغمائیان و دکتر خانی
۳۷ مهندسی فاضلاب	دکتر یغمائیان و خانی و اکبرزاده
۳۸ آلودگی هوا	دکتر یغمائیان و دکتر خانی
۳۹ مواد زاید جامد	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۰ عوامل زبان آور محیط کار	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۱ بیماریهای شغلی	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۲ تغذیه	واحد تحقیقات و انتشارات

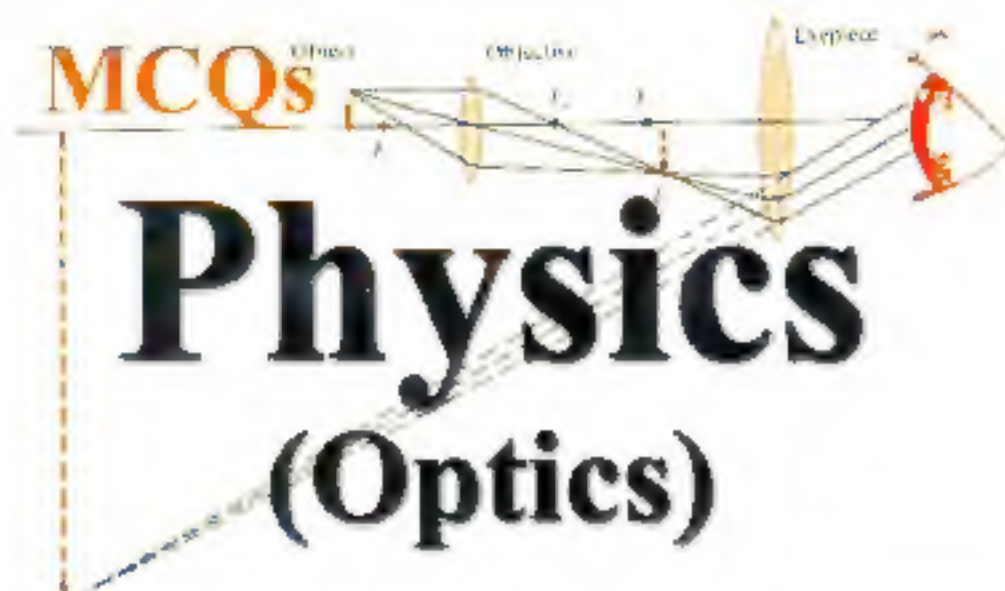
کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد		مؤلف / مترجم
۴۳	بهداشت مواد غذایی	دکتر آراسب دیباغ مقدم
۴۴	بهداشت عمومی	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۵	بهداشت خانواده	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۶	آموزش بهداشت	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۷	سم شناسی	واحد تحقیقات و انتشارات
۴۸	ریاضی کاربردی تصفیه خانه آب	دکتر یعمانیان و دکتر خانی
۴۹	ریاضی کاربردی تصفیه خانه فاضلاب	دکتر یعمانیان و دکتر خانی
۵۰	تصفیه آب	دکتر یعمانیان و دکتر خانی
۵۱	پرستاری بیماریهای داخلی جراحی	واحد تحقیقات و انتشارات
۵۲	پرستاری بهداشت مادران و نوزادان	واحد تحقیقات و انتشارات
۵۳	پرستاری بیماریهای کودکان	واحد تحقیقات و انتشارات
۵۴	پرستاری بهداشت جامعه	واحد تحقیقات و انتشارات
۵۵	پرستاری بیماریهای روانی	واحد تحقیقات و انتشارات
۵۶	نوزادان	مینو پاک گوهر
۵۷	بیماریهای داخلی جراحی در مامایی	دکتر اوهانس خاچاطوریان
۵۸	بهداشت مادر و کودک	واحد تحقیقات و انتشارات
۵۹	بیماریهای زنان و زایمان	دکتر محمدصادق پور عباسی
۶۰	جنین‌شناسی	مینو پاک گوهر
۶۱	بارداری و زایمان (عادی و غیرعادی)	مینو پاک گوهر
۶۲	کلیات خدمات بهداشتی جلد ۱ - بهداشت محیط	دکتر خانی و دکتر یعمانیان
۶۳	کلیات خدمات بهداشتی جلد ۲ - بهداشت عمومی	دکتر خانی و دکتر یعمانیان
۶۴	کلیات خدمات بهداشتی جلد ۳ - بهداشت حرفه‌ای	دکتر خانی و دکتر یعمانیان
۶۵	علوم و صنایع غذایی	'نصاری - نوبخت حمیدی
۶۶	امار حیاتی (زیستی)	واحد تحقیقات و انتشارات
۶۷	شیمی محیط زیست	دکتر خانی و دکتر یعمانیان
۶۸	مدارک پزشکی	لنگری‌زاده - شاهوردیان - جعفری کروی
۶۹	مصالح ساختمان	مهندس اکبرزادگان
۷۰	متره و برآورد	مهندس اکبرزادگان
۷۱	نقشه‌برداری	دکتر مسعودی، منشوری و خانی
۷۲	استاتیک	مهندس علیرضا پارسای
۷۳	راه‌سازی	مهندس اکبرزادگان
۷۴	مقاومت مصالح (کاردانی به کارشناسی)	مهندس کریمی لاهرودی
۷۵	هیدرولیک	دکتر مهراسی
۷۶	تحلیل سازه‌ها	مهندسین بهناز خاکباز - علی شیرازی
۷۷	سازه‌های فولادی	مهندسین پیام اشتیری - مجتبی اصفهانی
۷۸	سازه‌های بتونی	مهندس اسکویی
۷۹	ترمودینامیک	مهندس مرندی رحمانی
۸۰	تکنولوژی مواد	مهندس پارسای
۸۱	هیدرولوژی	دکتر شکوهی
۸۲	مقاومت مصالح (کارشناسی ارشد)	گروه مؤلفان - دکتر استکانچی
۸۳	مکانیک خاک و مهندسی پی	گروه مؤلفان - دکتر جعفرزاده
۸۴	مکانیک سیالات و هیدرولیک	مهندسین سارنگ و جوادی
۸۵	الکترونیک عمومی ۱ و ۲	مهندس تاجیک و رزم‌را
۸۶	مدارهای الکتریکی	واحد تحقیقات و انتشارات

کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد			مؤلف / مترجم
۸۷	اطلاعات عمومی کامپیوتر و سیستم عامل	مهندس عادلۃ نیا	
۸۸	ریاضیات گسسته	مهندسین زرین زاده و فیضیان	
۸۹	معادلات دیفرانسیل	مهندسین شادکام و یوسفی	
۹۰	ریاضی عمومی ۲	مهندسین یوسفی و شادکام	
۹۱	ریاضیات مهندسی	مهندسین یوسفی و کربلایی	
۹۲	ماشینهای الکتریکی	مهندس رزم آرا	
۹۳	الکترونیک	مهندس خسرو پور	
۹۴	زبان برنامه‌نویسی پاسکال	مهندس عادلۃ نیا و خانم ملکوتی خواه	
۹۵	شناخت اجزای ماشین	حمیدرضا غلامرضایی	
۹۶	انتقال حرارت	مهندسین پورگیری و خلجی	
۹۷	زبان تخصصی کشاورزی (جلد اول)	واحد تحقیقات و انتشارات	
۹۸	زبان تخصصی کشاورزی (جلد دوم)	واحد تحقیقات و انتشارات	
۹۹	خاک شناسی عمومی	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۰۰	خاک شناسی (فیزیک، شیمی و حاصلخیزی خاک)	دکتر شعبانپور شهرستانی	
۱۰۱	خاک شناسی (بیولوژی، پیدایش و رده‌بندی خاک)	دکتر شعبانپور شهرستانی	
۱۰۲	باغبانی عمومی	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۰۳	باغبانی (میوه، گل، سبزیکاری)	مهندسین قنبری و حسنی	
۱۰۴	باغبانی (ازدیاد نباتات، فیزیولوژی و ...)	دکتر قنبری و دکتر حق جویان	
۱۰۵	گیاه شناسی عمومی	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۰۶	گیاه شناسی تخصصی	پریسا جنوبی	
۱۰۷	گیاه پزشکی	دکتر شهر آیین و دکتر پور رحیم	
۱۰۸	فیزیولوژی گیاهان زراعی	دکتر شیرانی راد	
۱۰۹	حشره شناسی کشاورزی و آفات گیاهی	دکتر اربابی	
۱۱۰	آمار و احتمالات کشاورزی	دکتر دانشیان	
۱۱۱	طرحهای آماری در تحقیقات کشاورزی	دکتر شیرانی راد و مهندس خانی	
۱۱۲	ماشینهای کشاورزی	مهندسین پیمان و شریفی	
۱۱۳	زراعت	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۱۴	آبیاری و زه‌کشی	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۱۵	آبخیزداری، فرسایش و حفاظت خاک	دکتر شعبانپور شهرستانی	
۱۱۶	جانور شناسی	پریسا کریشچی خیابانی	
۱۱۷	پرورش گاو	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۱۸	پرورش گوسفند	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۱۹	پرورش طیور	واحد تحقیقات و انتشارات	
۱۲۰	تشریح و فیزیولوژی دام	مهندس نصایبان	
۱۲۱	اصلاح دام	مهندس شهر	
۱۲۲	تغذیه دام و طیور (جلد اول)	مهندسین کریمی و نصایبان	
۱۲۳	تغذیه دام و طیور (جلد دوم)	مهندسین کریمی و نصایبان	
۱۲۴	قارچ شناسی و بیماریهای گیاهی	دکتر شهر آیین و دکتر پور رحیم	
۱۲۵	ژنتیک کشاورزی	مهندس شهر	
۱۲۶	موتور و تراکتور	دکتر پیمان و مهندس شریفی	
۱۲۷	اصول حسابداری	امید ابراهیم راده	

مؤلف / مترجم	کاردانی پیوسته
واحد تحقیقات و انتشارات	۱۲۸ دروس عمومی و پایه کار دانش
فرید نوبخت حقیقی	۱۲۹ زبان انگلیسی
حسن دلیلی کاجان	۱۳۰ زبان فارسی
میناترایی - معصومه دلال فرشیدی	۱۳۱ ادبیات فارسی
حسن نمازی	۱۳۲ معارف اسلامی
محمد جواد زینعلی	۱۳۳ عربی
مرجان رهبری	۱۳۴ شیمی (۱)
مهندسین ساسانی و مهدی خانی	۱۳۵ آب و خاک (۱)
مهندسین ساسانی و مهدی خانی	۱۳۶ آب و خاک (۲)
واحد تحقیقات و انتشارات	۱۳۷ اصول تغذیه دام
سهیلا سمندی	۱۳۸ رنگ شناسی
مهندس شادکام انور	۱۳۹ الکترونیک عمومی (۱)
مسعود یوسفی مباشرت	۱۴۰ مفاهیم و روشهای آماری ۱ و ۲
مرجان مصلاهی پور	۱۴۱ فیزیک تخصصی
یوسفی مباشرت - هادی صمدی	۱۴۲ ریاضیات (۱)
مهندسین عادلنی نیا و جعفری	۱۴۳ تجزیه ، تحلیل و طراحی سیستمها
مهندسین عادلنی نیا و حکیمی	۱۴۴ زبانهای نسل چهارم
مهندسین عادلنی نیا و قربانی	۱۴۵ سیستم عامل ۱
مهندسین عادلنی نیا و ملکوتی خواه	۱۴۶ برنامه سازی کامپیوتر (پاسکال)
بهرام غلامی	۱۴۷ سواد کامپیوتری
دکتر نسرین رثوفی و شهرام نصاییان	۱۴۸ تشریح و فیزیولوژی دام، طیور و ماهی
طاهره مؤمنی	۱۴۹ عکاسی
مهندس حسن افشار	۱۵۰ مدارهای الکتریکی
مهندسین یوسفی و صمدی	۱۵۱ ریاضیات ۲
مهندس شادکام انور	۱۵۲ سخت افزار ۱
مهدی رثوفی و شهرام نصاییان	۱۵۳ تغذیه و بهداشت مواد غذایی

آدرس : سعادت آباد - روبه روی بیمارستان مدرس - انتهای باغستان یک - نبش بلوار بهزاد - شماره ۱۰
کدپستی : ۱۹۹۸۶ تلفن ۵-۲۰۹۰۰۰۱ فکس : ۲۳۵۲۶۲۶

MCQs



Physics (Optics)

By: Naser Zare Dehnavi Hossien Mohsenipour

مؤسسه فرهنگی هنری دبیران تهران
ساختمان مرکزی سعادت آباد - بلوار بهار - شماره ۱۰
تلفن : ۵-۱۰۹۰۰۰۱ پورتکار : ۲۲۵۲۲۲۲
E-mail : publishing@mftmail.com
URL: www.mftsia.com

ISBN 964-354-308-0



9 789643 543082